

1. 24/3. 0
Lays

No. E. 3450
6 37'

80

Metall. 150 $\pm$

C
2. Ex.
PETER LAGERHJELMS

MITGLIEDS DER KÖNIGL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN IN STOCKHOLM, DER KÖNIGL. AKADEMIE DER KRIEGS-
WISSENSCHAFT DASELBST; DER KÖNIGL. SOCIETÄT DER WISSENSCHAFTEN ZU UPSALA; ASSESSORS IM KÖNIGL.
BERGCOLLEGIUM ZU STOCKHOLM

V E R S U C H E

ZUR BESTIMMUNG DER

**DICHTHEIT, GLEICHARTIGKEIT, ELASTICITÄT,
SCHMIEDBARKEIT UND STÄRKE**

DES

GEWALZTEN UND GESCHMIEDETEN

S T A B E I S E N S.



AUS DEM SCHWEDISCHEN ÜBERSETZT

VON

*Johann [illegible]
[illegible]
[illegible]*
DR. J. W. PFAFF



ORD. ÖFFENTL. LEHRER AN DER HOCHSCHULE ZU ERLANGEN, RUSSISCH-KAISERLICHEM HOFRATH, KORRESPONDENTEN DER KÖNIGL. AKADEMIE DER
WISSENSCHAFTEN ZU MÜNCHEN; ZU ST. PETERSBURG; MITGLIED DER PHYSISCH-MEDIZINISCHEN GESELLSCHAFT ZU MOSKAU.

MIT XI KUPFERTAFELN.

NÜRNBERG,
BEI JOHANN LEONHARD SCHRAG.

1829.

Gd/65/2261

VERBODEN

VOOR TOEGANG TOT

DEELTITEL, INHOUDSTAFEL, INLEIDING

EN ANDERE TOEGANGS- EN VERBODEN

WOLFF'SCHE VERLAGS-DRUCKEREI

VERLAGS-DRUCKEREI

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Anwesenheit 6234

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Druck der Campeschen Officin.



V O R R E D E .

Die schwedische Eisenhandthierung wurde am Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts von einer schweren Conjunctur gedrückt, ungefähr zu derselben Zeit, als der englischen Eisenhandthierung erstaunliche Zunahme in Schweden anfang bekannt zu werden. Die erstere, eingeführt durch allgemeine Beiträge und Anschlag der Kronzugehörigkeiten, hatte so etwa zwei Jahrhunderte, oder seitdem die gegenwärtige Arbeitsweise eingeführt worden ist, keine andere Aufnahme erfahren, als in Beziehung auf die Quantität. Diese war in gleichförmigem Steigen begriffen; so dass sie im Jahre 1669 auf ungefähr 100,000 Schiffpfund geschätzt werden konnte, im Jahre 1695 etwa 220,000 und im Jahre 1787 ungefähr 326,000 betrug. Die englische Eisenverarbeitung dagegen war in derselben Zeit zuerst von 400,000 Schiffpfund (so hoch kann man sie ums Jahr 1615 herum schätzen) auf 130,000 gesunken (ums Jahr 1650), diess aus Mangel an Holzkohlen; aber späterhin stieg sie auf 200,000 Tonnen *); eine Wirkung, welche wohl grosse Naturvorthelle voraussetzt, aber doch jederzeit ein glänzender Beweis von der Kraft der Freiheit und Industrie ist. Diess Verhältniss des Stillstandes der Industrie an einem Orte und die rastlose Wirksamkeit an einem andern hat späterhin $\frac{1}{5}$ Jahrhundert fortgedauert, wobei die schwere Conjunctur für die Eisenverarbeitung in Schweden zwar aufhört, was sie als solche insbesondere betrifft, aber nicht in Hinsicht auf den Vortheil, welchen der Staat im Ganzen von der Ausfuhr zieht; denn in harter Münze oder in Cours gerechnet, bringt gegenwärtig die schwedische Eisenausfuhr nicht mehr so viel ein, wie vormals. Inzwischen machte man die Bemerkung, dass vor einer neuen Arbeitsweise

*) Vergl. Svea IX. H. Nr. 1. p. 110 ff.

IV

(Puddling im Englischen genannt, Plantschen, Mantschen etwa im Deutschen) die englische Eisenverarbeitung ihre erstaunliche Höhe nicht erreicht hatte, und man war der Ansicht, dass diese Arbeitsweise auch befolgt zu werden verdiene. Die schwedische Bergwerksgesellschaft bestimmte Mittel zu Reisen in England, und übernahm schon vor 16 Jahren die Versuche, welche Herr ROSENBORG auf eigene Kosten begonnen hatte, um durch Puddling ein reineres und gleicheres Eisen zu erarbeiten. Herr ROSENBORG suchte Zaineisen zum Plattwalzen. Gleichwohl wird es in England nicht für Platten gepuddelt, wenn es nicht mit Holzkohlen gefrischt worden *). In Frankreich war man zu der Zeit nicht unbekannt mit der Beschaffenheit des englischen Puddlings-Eisens **). Inzwischen gingen die Puddling-Versuche fort, obgleich bei der Zusammenkunft der Bergwerksgesellschaft im Jahr 1820, oder beinahe in einem Jahrzehend, wenig oder nichts in dieser Hinsicht entschieden worden war; und noch immer glaubte man, durch diese Versuche sich die Kunst verschaffen zu können, ein besseres Eisen zu Stande zu bringen, als das schwedische gegenwärtig ist.

Aber um die genannte Zeit lenkte Herr ROTHOFF die Aufmerksamkeit sowohl auf die Art, die Versuche anzustellen, als auf den Zweck mit den Versuchen; im Zusammenhang damit drang Herr ROTHOFF im Anfang des Jahrs 1821, in einem — an die Herren Bevollmächtigten im Eisencomptoir gestellten — Memorial auf mehr Zweckmässigkeit in den Versuchen, und auf die Nothwendigkeit, die Beschaffenheit des Products, das man in England mittelst des Puddelns gewinnt, kennen zu lernen, oder die englische Erfahrung über die Methode sich zu verschaffen zu suchen, und das englische Puddling-Eisen herein zu verschreiben und zu untersuchen. Die Veranstaltungen, welche hierdurch veranlasst wurden, gaben den Herren HAGSTRÖM, RINMAN und ROTHOFF Gelegenheit, das so sehr gepriesene englische Eisen nach seinen Eigenschaften zu untersuchen, und — gerade im Gegentheil von dem, was man sich vorstellte ***)) — fand sich, dass

*) Svea IX. H. Nr. 1. p. 74. Dasselbe gilt von Eisendraht, Nägel u. a.

**) Les ouvriers exercés le connaissent très bien pour être cassant etc. Annales de Chimie et physique, Tom. 12. p. 142.

***)) In einer öffentlichen Verhandlung in demselben Jahre wurde gesagt, "die Puddling-Versuche wären von um so grösserm Gewicht, als mit dem Fortgang derselben, und mit der Anwendbarkeit dieser

das englische Puddling-Eisen in grössern Schamblonen so schwach zusammengeschweisst war, dass es das Strecken zu feinem Dimensionen, ohne zu reissen, nicht aushielt *). Inzwischen war diess erhaltene Resultat eben so unerwartet, als befriedigend für die schwedischen Bergwerkseigenthümer; und dieselbe allgemeine Meinung, welche in zwei Jahrzehenden sich festzusetzen und, in Bezug auf die Vortrefflichkeit der neuen englischen Bereitungsweise, ein beifälliges Echo in den schwedischen Bergwerken zu finden vermochte, war nicht eher gerade ins Gegentheil selbst übergegangen, als die Puddling-Versuche mit der Ueberzeugung abgeschlossen waren, dass diese Arbeitsweise kein dichtes Eisen gebe. Aber weder das Ansprechende des Resultats, nicht blos für die schwedischen Bergwerksbesitzer, sondern auch für die Mitbürger, noch weniger die Allgemeinheit der neuen Meinung vermochten Herrn ROTHOFF mit diesen Proben vollkommen zufrieden zu stellen, wohl wissend, dass das englische Eisen in grossen Partien verbraucht wird, nicht blos in England, sondern auch in andern Ländern, deren Zollsystem klar eine Besorgniss für den Wetteifer zwischen dem englischen Puddling-Eisen und jener Länder eigene Verarbeitung von gewalztem Eisen andeuteten **). Man findet daher schon in Herrn ROTHOFFS Mittheilung von den er-

neuen Methode, eine Epoche beginnen dürfte, welche dem schwedischen Eisen einen entschiedenen Vorzug vor denjenigen Ländern geben wird, welche nicht, wie Schweden, gleich gute Erze als Grundstoff zur Verarbeitung desselben haben. » (14. März 1821.)

*) Hr. ROTHOFF sagt in einem Schreiben vom 15. Juli 1821: „Im Strecken hat sich das englische Eisen ganz schlecht oder schwer zu verarbeiten gezeigt. Es zerfällt an den Kanten in grosse Blätter (Schiefer) unter dem Strecken, und liefert kleine, kurze Stücke von einiger richtiger Dichtigkeit. — Herr HAGSTRÖM (19. Juli) verglich es beim Umstrecken mit einem Holzstück. Herr RINMAN (15. Oct. 1821) hielt es in solchem Grade für untauglich, dass er sein Herkommen bezweifelt zu haben scheint, und es beklagte, dass man das Eisen von Hamburg und nicht von England hole.

**) Der Zoll in den Nordamerikanischen Freistaaten war 1820 doppelt so gross für gewalztes Eisen, als für geschmiedetes (National-Kalender, Washington 1820). — Die Furcht, die man in Frankreich vor Englands Wetteifer im Eisenverkauf hat, kann man ansehen aus: „Exposé des motifs du projet de loi sur les Douanes, par le Comte de St. Cricq, 1826. — Folgende Angaben finden sich im „Supplement to Nicholson and Comp. London New price current 1826: „

	1824.	1825.	1826.
Werth der Einfuhr in Grossbritannien, Eisen in Barren L.	131,272.	139,100.	226,526.
Werth auswärtiger Waaren, ausgeführt, Eisen in Barren L.	37,823.	45,841.	87,724.
Werth des Producirten, ausgeführt, Eisen und Stahl, verarbeitet und unverarbeitet (ohne Irland) L.	1,203,872.	1,125,626.	1,106,576.

sten Proben von englischem Eisen die Forderung, dass gewisse namentlich aufgezählte feinere Dimensionen von mehreren Orten eingeführt und untersucht werden könnten; und nachdem auch Herr HAGSTRÖM und RINMAN darin übereinstimmten, so wurde eine neue Quantität von besserem englischen Eisen in feineren Dimensionen herein verschrieben. Herr ROTHOFF fand dann, was er seither bei einer ununterbrochen fortgesetzten Erfahrung bekräftigt fand, nämlich: dass das englische Eisen zu manchem, auch feinerem Bedarf sich anwenden lässt, wiewohl das Umschmieden zu anderer Dimension, als worin es der Handel liefert, nicht ohne die vorsichtigste Behandlung sich bewerkstelligen lässt *). In-

*) Wenn diess etwas gegen das verwerfende Urtheil streitet, welches man sogleich nach den bewerkstelligten Proben über das englische Eisen fällte (s. Bericht über die in Skebo angestellten Puddling-Versuche von C. D. AF UHR. Stockh. 1825. S. 95 ff.); so muss man bemerken, das obiges Urtheil des Hrn. ROTHOFF auf einer mehrjährigen Erfahrung beruht. Um den Leser in den Stand zu setzen, des Nähern über das Verhalten sich zu unterrichten, bringe ich den geneigt mitgetheilten Aufsatz des Hrn. ROTHOFF bei.

„Zuerst wurden grobe Dimensionen einverschrieben, welche nicht ohne Umschmiedung zur Schmiede-Manufactur-Verarbeitung angewandt werden konnten, und diese Umschmiedung war unter dem Streckhammer unthunlich. In grossen Dimensionen, z. B. zu Radbeschlägen, Bolzen, Bändern u. a. m. fand sich diess Eisen vollkommen anwendbar, und hat während einer Zeit von 4 und 5 Jahren seinen Zweck erfüllt. Diess englische Eisen schien geneigt zu rosten, doch hat man keine grössere Losheit (Weichheit) oder Abnutzung an demselben gefunden. Wenn je das zweite Rad am Wagen mit englischem und schwedischem Eisen beschlagen wurde, so war das englische eben so beständig, wie das schwedische.“

„Nachher erhielt man zu Eskilstuna englisches Eisen von feineren Dimensionen; es setzte durch seine Gleichheit, Schärfe der Gestalt und Mannichfachheit der Dimensionen in Erstaunen; Umstände von grossem Werth für den Verbrauch. Die gröbern Dimensionen dieses Eisens konnten unter dem Streckhammer umgeschmiedet werden, doch nicht auf denselben Grad und mit derselben Leichtigkeit, wie schwedisches Eisen von gutem Schlag. Alles zusammen wurde zum Behuf der Schmiede-Manufaktur angewandt, und konnte auch von minder geschickten Schmieden behandelt werden, z. B. zu grössern oder kleinern Hängeeisen, Cirkeln, Haken, Oesen, Nietnägeln, Schrauben, Bolzen mit Windungen u. a. Bindungen, vermittelt Schweissung ganz dünner Bänder (an deren Möglichkeit die Schmiede wegen der Dünne zweifelten), wurden hier gearbeitet; Ketten, geschmiedet aus diesem Eisen, hielten gewaltsames Fahren aus, zum Theil auf blossen Boden, oder über Steinhaufen, ohne dass ein einziges Glied sprang, oder sich in den Schweissungsfugen öffnete. Ziehketten bei Dreschwerken, wobei oft eine ungleiche Anstrengung vorkommt, haben dieselbe Güte gezeigt. Bei allem diesen hat das englische Eisen sich gut erfunden, wenn man Dimensionen wählte, welche dem Zweck entsprachen. Aus $\frac{1}{2}$ Zoll Quadrateisen hat ein gewöhnlicher Kleinschmied, welcher die Nothwendigkeit einer Vorsicht nicht kannte, und nicht darüber berichtet worden war, Stockketten gearbeitet, wobei die Umschmiedung zu $\frac{5}{16}$ Zoll oder noch weniger geschah; eine Probe, welche ein schlechtes Eisen nicht aushält, ausser unter ungewöhnlicher Behandlung.“

zwischen zog man im Allgemeinen ein ausgedehnteres Resultat aus den Probenschmiedungen mit englischem Eisen, und da man vermittelst Puddelns ein schwedisches Eisen erhielt, welches mit demselben Hauptfehler behaftet war, nämlich dass es gar nicht oder schwer das Umschmieden aushielt; so war das Urtheil über die Methode fertig, ohne dass man sich Rechenschaft von den wesentlichen Theilen der englischen Eisenbereitungsart oder Sortirung des englischen Eisens gab *), noch weniger im Stande war zu bestimmen, welcher von den ersten eigentlich zu dem Fehler des Eisens beitrug. Der faserige Bruch des common English iron (gemeinen englischen Eisens) zeigte metallischen Glanz auf der einen Seite und war dunkel auf der entgegengesetzten. Herr SÄFSTRÖM fand, dass diess von der Schlacke herrühre. Da nun das Puddling-Eisen nicht Zusammenhaltbarkeit genug hatte, um umgeschmiedet werden zu können, aber dasselbe dagegen von Walzwerken genommen und zu wirklichem Stangeneisen von gröbern und feinern Sorten zubereitet werden kann; so hielt man die ganze Puddling- und Walzmethode für schlecht und beinahe untauglich. Inzwischen und abgesehen davon, dass die grosse Anwendung des englischen Eisens factisch dieses Urtheil widerlegte, entstand die allgemeine Meinung, welche oben angezeigt

„Das grobe und feine englische Eisen ist sonach vollkommen anwendbar in seinen Dimensionen erfunden worden; aber das grobe schwer und unvollkommen zum Ausschmieden in feinere Dimensionen, selbst mit der Hand; das feine dagegen zum Umstrecken möglich, aber nicht in dem Grade der Vollkommenheit, welchen man mit Recht fordert und dem oft vom schwedischen Eisen entsprochen wird; ob sich gleich auch eine Menge schwedisches Eisen findet, das entzwei reisst, wie das feinere englische, ja ein Theil hie und da wie das englische grobe, d. h. sich zersplittert bis zur Unbrauchbarkeit, und demnach geradezu vom geschmiedeten Zaineisen oder Stangeneisen geschieden bleibt.“

Dieses Urtheil des Herrn ROTHOFF steht übrigens aufs genaueste im Zusammenhang mit den Versuchen, welche in diesem Werke angeführt worden sind (s. §. 15. 64. 66. 69. 70. 77.). — Eskilstuna, wo die solideste und grösste Verarbeitung von Feinschmiedearbeit sich befindet, scheint auch der Ort zur Einholung der zuverlässigsten und vielseitigsten Erfahrung in dieser Rücksicht zu seyn. Diese Anlage für Eisenveredlung, deren Bestand die Klarheit und Wahrheit der Idee, nach welcher sie errichtet wurde, andeutet, zeugt zu gleicher Zeit von der Vorsorge der Wasa-Könige für die schwedische Eisenhandthierung, und von der Einfachheit und Anspruchlosigkeit des Emporkommens, welches den Stempel auf solche Nationalunternehmungen setzt, deren Wesen in der Reife des Kerns, nicht in dem Glanz der Schale liegt.

*) Ich hatte Gelegenheit, schon im Jahre 1820, kurz nach Herrn BROLINGS Zurückkunft aus England, bei ihm eine Sammlung von den bei der englischen Eisenbereitung vorkommenden Stoffen und den Produkten, und darunter das vortrefflichste Eisen, nach dem Aussehen im Bruche zu schliessen, zu sehen. Wäre diese Sammlung allgemein gekannt, sie dürfte merkwürdige Betrachtungen veranlassen.

worden. So wechselt die allgemeine Meinung, welche man zu einer und derselben Zeit zu leiten sucht und verehren will.

Inzwischen, dass diese allgemeine Meinung immer mehr an Stärke zunahm, ging Herrn ROTHOFFS Aufmerksamkeit von dem chemischen Theil *) der englischen Eisenbereitung zu ihrem mechanischen Theil, dem Walzen, über, dessen Anwendbarkeit für Schweden Herr BERZELIUS bereits im Jahr 1812 vermuthete. In Folge dessen erhob sich, nach vorhergegangener Anmeldung, Herr ROTHOFF bei der Zusammenkunft der Eisencomptoirs-Revisoren im Jahr 1823 mit dem Vorschlag, dass 15 — 20,000 Thlr. Banco zu Versuchen mit Eisenwalzung ausgesetzt werden möchten **). Obgleich die vorbereitenden Vorstände (die Bevollmächtigten der Bergwerk-Societät und die Bergdeputirten) einstimmig den Vorschlag ablehnten, so gewann er doch durch Herrn ROTHOFFS erneuerte Aufregung und S. NORÄI kräftige Unterstützung den Beifall der Societät ***). Gleichwohl schien es nicht, als ob dieser Beschluss auf einer wirklichen Aenderung in der allgemeinen Meinung gegründet wäre.

Diese Meinung wurde gleichwohl nicht von Allen getheilt. Zwischen den Herren EGGERTZ und ROTHOFF und dem Verfasser fand eine Berathung Statt; dabei wurde beschlossen, in gewöhnlichem deutschen Heerd eine Schmelze zu veranstalten, Schmelzstücke und geschweisste grobe Quadratstangen nach England zu senden, um dort ausgewalzt zu werden, und sodann das Product zu probiren †). Der Vorschlag wurde mehreren Bergwerkseignern mitgetheilt, unter welchen die Herren J. STROKIRK und O. NORDENFELDT und die Uddeholmsche

*) Ueberzeugt, dass der Stangeneisenschmied unmöglich seine Zeit, samt Geistes- und Körperkraft auf beides, auf Schmelzen und Strecken, theilen kann, hatte Hr. ROTHOFF schon in den Jahren 1819 bis 1821 durch Versuche die Wirkung einer Aenderung in der Deutsch-Schmiedearbeit bestimmen wollen, die darin bestand, dass der Schmied von dem Strecken befreit wurde (s. §. 1. S. 1.).

**) Dieser Vorschlag, dessen Motive im Zusammenhang gelesen werden müssen, findet sich ausführlich in Svea (a. a. O. S. 40 ff.).

***) In derselben Zusammenkunft der Societät überlieferte Hr. BROLING das Modell eines Walzwerks, im Achtel der natürlichen Grösse. Er war der Ansicht, dass die bei allen englischen Eisenwerken nun gebräuchliche Art, vermittelst Walzens das Eisen zu Stangen zu strecken, von hinlänglicher Wichtigkeit wäre, um der Societät besondere Aufmerksamkeit zu verdienen.

†) Siehe Einleitung §. 7. S. 15.

Gesellschaft nicht allein die Idee billigten, sondern auch, sammt Herrn ROTHOFF, den Verfasser, der eine Reise nach England in dieser Absicht zu machen beschloss, unterstützten. Nach der Zurückkunft nach Schweden und nachdem Ich Gelegenheit gehabt hatte, das bereits gewonnene Resultat mitzutheilen, veranschlagten die Herren Bevollmächtigten im Eisencomptoir die Mittel für die ausführliche Untersuchung des Probeisens, und zwar aus dem Fond, der aus dem den Reichsständen von der Bank gestatteten Creditiv (vermitteltst der Rentenersparung) herkam; wobei zugleich angeordnet wurde, dass daraus alle bei und für die Versendung des Eisens nach England und dort vorgenommene Walzung gemachten und im Zusammenhang damit erstandenen Ausgaben wieder erstattet werden sollten.

Inzwischen, nachdem die Versuche hinreichend dargethan hatten, dass das Walzen des Eisens keinen schädlichen Einfluss auf seine Eigenschaften mit sich führe, sondern im Gegentheil deutlich dessen Dichtigkeit (blätterlosen, schieferlosen Zustand) und Schmiedbarkeit *) befördere, stellte ich die Wichtigkeit, betreffend die Einführung dieser Streckungsweise vermittelt Privilegium zweier Walzwerke, in Unterthänigkeit Seiner Königlichen Majestät vor. Dieselbe forderte darüber nicht blos die Aeusserung des königlichen Bergcollegiums, sondern auch der Bevollmächtigten im Eisencomptoir, welche letztern die Verlautbarung der Herren C. D. AF UHR und BERZELIUS **), sammt der Meinung der Bergwerks-

*) Die Versuche in London (s. Einleitung §. 8.) wurden von mir im Juni und Juli 1825 angestellt; die Versuche in Eskilstuna, die Schmiedbarkeit betreffend (s. Einleitung §. 14.), bewerkstelligte Hr. ROTHOFF im November 1825.

**) Hr. AF UHR erklärt, das Walzen sey "eine mechanische Operation, welche die fertige Eisenstange mit denselben Eigenschaften präsentirt, welche sie vorher inne hatte, entweder gut und dicht, oder schieferig und undicht," (Verhandlungen in Beziehung auf die Anlegung eines Werks für Eisenstangenwalzung. Stockholm, 1827. S. 12.), und widerräth das Vornehmen, wegen "des schädlichen Einflusses desselben auf die Stangeneisenverarbeitung in dem jetzigen Geschick, in welchem die Arbeitsmethode sich nun befindet," (S. 11.). — Wenn dem so wäre, und das Eisen, ausser dem Druck unter den Walzen, nothwendig den Schlag des Hammers erforderte, so könnte diess Urtheil begreiflich seyn. Es ist aber nun factisch widerlegt durch Auswalzungen, die vollkommen dichtes Eisen gaben. — Hrn. BERZELIUS Ansicht dagegen, aus Gründen, die nicht in Kürze sich darlegen lassen, sondern in extenso nachgelesen werden müssen (Verhandlungen S. 22—32.), ist: "das Walzen sey die vollkommenste Art, um die krystallinische Textur des gefrischten Eisens in Faserigkeit zu verwandeln."

Societät einzuholen sich veranlasst glaubten. In der Zusammenkunft des Jahrs 1826 kam sonach diese Angelegenheit zur Sprache, und erfuhr der Herren Bevollmächtigten, Deputirten und der Bergwerks-Societät übereinstimmende Verwerfung *). — Was in dieser Hinsicht sonst vorfiel, gehört nicht in dieses Werk.

Ich war genöthigt in diese geschichtliche Darstellung einzugehen, um den Ursprung der Versuche und die einheimische Literatur des Gegenstandes darlegen zu können **). Kein Schriftsteller ist mir bekannt, der den ungleichen Einfluss des Walzens und Schmiedens auf die Eigenschaften des Eisens untersucht hätte ***). Zu einer solchen Untersuchung müsste nothwendig erforderlich seyn, diese Eigenschaften (als Härte, Schmiedbarkeit, Steifheit, Stärke) durch Maass

*) Unter den Herren Bevollmächtigten waren gleichwohl die Ansichten verschieden. Herr S. NORÄUS erklärte: „den gegenwärtigen Zustand unserer Eisenhandthierung; das Steigen anderer Länder in allem, was Eisenbereitung und Eisenveredlung betrifft; die Gefahr, den bisher Statt gehabt habenden Stillstand im Nahrungszustand fort-dauern zu lassen; die Hoffnung, dass das schwedische Eisen, durch die in Frage stehende Arbeitsmethode, in technischer Hinsicht in manchen Fällen den ent-schiedenen Vorzug sich erwerben werde, welchen die Natur so deutlich ihm be-stimmt durch die Reinheit unserer in uralten Bergen befindlichen Eisenerze,“ und wünschte aus diesen Gründen, dass der Vorschlag mit Einschränkung gebilligt werden sollte; in welchen Gedanken Hr. PETERSON einstimmt.

Die Bergwerks-Societät, welche im Jahre 1823: 15 — 20,000 Thlr. Bco. zu Eisenwalzungsversuchen bewilligte, zog diese Bewilligung im Jahre 1826 zurück. Aber in Folge einer Darlegung seiner Königlichen Majestät, betreffend die Verarbeitung von Ankerketten im Reiche, bewilligte gleichwohl die Societät im Jahre 1826 ein rentenfreies Darlehen von 20,000 Thlr. Bco., zu erheben von demjenigen, der auf die in den gegenwärtigen Verfassungen gültige Weise die Gelegenheit gewinnt, ein Walzwerk für Ankerketten anzulegen, oder auch von dem Bergwerksbesitzer, der seine bereits privilegierte Schmiede zu einer solchen Verarbeitung verwandelt, alles unter der Bedingung, dass die halbe Summe abgeschrieben werden kann, wenn der Darlehensempfänger sich ausweisen kann, vollkommen gute Ankerketten gefertigt zu haben.

Was sonst in dieser Sache in der Societät vorfiel, kann aus der Schrift „Verhandlungen“, S. 33 u. f. erschen werden.

**) Vergl. Hrn. HALLGREN's Aeusserung im Berg-Collegium, die Einführung des Walzens im Reiche betreffend.

***) Herr TREDGOLD (Practical Essay on the strength of cast iron and other metalls etc. London, 1824.) hat wohl im Vorbeigehen angemerkt, dass das schwedische Eisen ein grösseres Spannkraftsmaass (Modulus of elasticity) hat, als das englische, aber keine Versuche angestellt, um die Ursache auszumit-teln, welche er dem Schmieden zuschreibt. Dass aber das Schmieden kein anderes Spannkraftsmaass giebt, als das Walzen, habe ich gefunden (s. §. 59.).

oder Gewicht zu bestimmen, das heisst ihnen eine wissenschaftliche Bestimmung zu geben *). Die in dieser Hinsicht benützten Schriftsteller sind einzeln angegeben **). Bei den von den Schriftstellern bisher angestellten Versuchen gilt die Bemerkung, dass sie nicht eine und dieselbe Eisenstange die Versuche, sowohl in Hinsicht der Spannkraft, als auch der übrigen Eigenschaften derselben, durchmachen liessen. Daraus folgte nothwendig, dass, wenn auch einiger Zusammenhang zwischen denselben Statt findet, er doch nicht Gelegenheit hatte, sich zu offenbaren.

Ehe der Plan zu diesen Versuchen entworfen worden, hatte ich Gelegenheit, den Rath der Herren VOLLASTON in London und CRONSTRAND in Stockholm einzuholen. Nachdem er den Herren Bevollmächtigten im Eisencomptoir vorgewiesen worden, wurde er im Laufe des letztverwichenen Jahres von mir und Herrn HAMMARSKÖLD ausgeführt. Herr CARELL war nicht allein bei den Berechnungen behülflich, insbesondere über die Spannkraft, sondern redigirte auch meist den zweiten Theil. Die Versuche, die Herr ROTHOFF bewerkstelligte, finden sich besonders an jeder Stelle genannt, so wie auch der übrige Beitritt, den ich von den Herren BROLING, BERZELIUS u. A. m. hatte. Allen diesen Freunden der Wissenschaft bezeuge ich meinen Dank für den Beitritt, dessen Werth nur von denjenigen richtig beurtheilt werden kann, welche das Mühevollen und das Belohnende bei Versuchen kennen.

Die Art, wie die Versuche angestellt worden sind, kommt in der Einleitung vor. Der Leser findet auch manche Versuche, welche nicht zu dem Plan gehören, der oben gemeldet worden ist. Diese wurden vorher von mir angestellt;

*) Diess ist der erste Schritt, um jeden Gegenstand unter die Gewalt der Wissenschaft zu bringen. Man erinnere sich an NEWTON's Wahlspruch. — Was die Spannkraft betrifft, so hat die Wissenschaft Hr. YOUNG dafür zu danken. (A course of lectures on natural philosophy. London, 1807.)

**) Was die Spannkraft betrifft, so habe ich an seinem Orte alle historische Entwicklung, die ich für nöthig erachtete, beigebracht (s. §. 32.). Dasselbe gilt von der absoluten Stärke. Aber da die spätere Literatur dieses Gegenstandes viel ausgedehnter ist, als ich für wichtig hielt mitzutheilen; so will ich, in dieser Hinsicht, den, der eine umfassendere Kenntniss hierin wünscht, hinweisen auf: Annales des Eisencomptoirs, 4ter Jahrg. S. 95 u. f. DULEAU Essay théorique et expérimental sur la résistance du fer forgé. Paris, 1820. p. 70 u. f. BUCHANAN practical Essays on Millwork. London, 1828. Vol. I. p. 394 u. f.

die Versuche sind demnach an mehreren Orten und in Zeit von mehreren Jahren angestellt worden.

Ausser dem gewalzten und geschmiedeten Stangeneisen, sowohl gegärbt als ungegärbt, habe ich die Versuche auch ausgedehnt auf englisches Eisen, welches im Handel Best Cable Bolt (bestes Ankertaueisen) und Best English Iron (bestes englisches Eisen) genannt wird. Die Gleichheit dieses Eisens in der Masse und Form, und Gleichförmigkeit in den Eigenschaften, so wie auch dieser Eigenschaften Verhältniss zu denen des schwedischen Eisens, liefern einen erläuternden Beitrag zur Eisenhandthierung und zur Theorie des Metalls.

Im Verlauf der Versuche wurde gewalztes schwedisches Eisen an Herrn AF FORSELLES abgeschickt, um dasselbe in der Sala-Grube zu probiren. Der grössere Theil sollte zu Seilen verwandt werden; hierüber konnten aber noch keine sichere Erfahrungen gewonnen werden. Der Theil aber, welcher zum Schmiedebefehl angewandt worden, zeigte dasselbe Verhalten, welches die in dieser Schrift vorkommenden mehrfachen Versuche diesem Eisen zueignen. Meine Ansicht war, die Wichtigkeit des Gegenstandes erfordere eine noch allgemeinere Probirung, als ich zuwege bringen konnte, und liess zu diesem Zwecke in den allgemeinen Zeitblättern *) bekannt machen, dass für die Kenner dieses Gegenstandes von diesem Eisen vorräthig sey, um ihre eigene Erfahrung mitzutheilen. Niemand hat sich gemeldet.

Ausgenommen bei den genauern mikroskopischen Versuchen, wo die Thüren geschlossen werden mussten, sind die Versuche unter freiem Zutritt von sich für den Gegenstand interessirenden Personen angestellt worden.

Ich habe diese Arbeit in zwei Theile getheilt. Der erste giebt in der Einleitung Rechenschaft von den Versuchen, welche denen, die eigentlich den Hauptzweck gegenwärtiger Schrift ausmachen, vorangingen, so wie auch von der Mitwirkung und Untersuchung der nöthigen Instrumente und Einrichtungen. So-

*) Allgem. Journal Nr. 77. für den 28. Nov. 1826.

dann kommen die Untersuchungen über die Eigenschaften des Eisens, in der Ordnung, wie sie vor sich gingen. Ich habe natürlicherweise die Spannkraft zuerst untersuchen müssen, weil die hiezu nöthigen Proben angestellt werden konnten, ohne die übrigen Eigenschaften des Eisens zu stören; aber nicht so war es bei der Verschiebbarkeit und Cohäsion. Schliesslich habe ich diese Untersuchungen in ein Totalresultat zusammenzufassen gesucht, welches ich einzeln aus dem theoretischen und praktischen Gesichtspunkte des Gegenstandes entwickelte. — Der zweite Theil enthält blos die bei den Versuchen aufgezeichneten Elemente für den Calcul, der Eisenart der Stangen u. dgl.

Unter einer andern Ansicht kann diess Werk in einen empirischen und theoretischen Theil getheilt werden, obgleich sie, in Folge der Natur des Gegenstandes, unter einander vermischt vorkommen. Zu dem erstern gehört die Erfahrung, welche die Versuche ergaben, und zu dem letztern die Benutzung derselben zur Bestimmung der Eigenschaften des Eisens. In dieser letztern Hinsicht kommt die Herleitung des Begriffs der Spannkraft aus den constituirenden Kräften der Materie, und die Construction des Biegungs-, Drehungs- und Schwingungs-Phänomens aus dem Begriff der Spannkraft vor. — Für den blossen Empiristen ist der innere Zusammenhang der Wissenschaft ein verwirrendes Räthsel; die Empirie und die Construction der Idee des Phänomens in Zusammenwirkung zu bringen, giebt der Wissenschaft Klarheit und Zusammenhang, führt aber zugleich die grössten Schwierigkeiten in der Naturwissenschaft mit sich. Weder in diesem, noch in andern Theilen wissenschaftlicher Gegenstände kann die Empirie für sich etwas anderes, als todte Wissensmassen geben, welche erst durch das Feuer der Speculation Leben und Ordnung empfangen. Für die ganze wissenschaftliche Richtung der gegenwärtigen Zeit könnte diese Reflexion ein Wort von Gewicht seyn.

Das Analytische in diesem Werke habe ich so auszuführen gesucht, dass Jeder, der das in Schweden gebräuchliche höhere Examen in der Mathematik erstanden hat, demselben folgen kann.

Auf dem Titelblatt habe ich mich der allgemein bekannten Worte Schmiedbarkeit und Stärke, anstatt Verschiebbarkeit und Cohäsion, bedient, weil ich erst in dem Werke selbst Gelegenheit hatte, die von mir gebrauch-

ten Worte zu erklären. Ich bemerke diess hier, weil Schmiedbarkeit und Stärke nicht vollkommen der Verschiebbarkeit und Cohäsion entsprechen. Der Zusammenhang dieses ganzen Werks mit der Ausübung der Eisenhandthierung haben mich vermocht, anfangs mich solcher Worte zu bedienen, welche zu gleicher Zeit den Gewerbtreibenden bekannt sind, und auf die Begriffe hindeuten, welche späterhin näher bestimmt werden.

STOCKHOLM, im Juni 1827.

P. LAGERHJELM.

VORWORT DES ÜBERSETZERS.

Wenn diese Uebersetzung so vollkommen wäre, als meine Lust zu derselben und der Eifer gross, die Vortrefflichkeit des Buchs entschieden, und meine Hochachtung für den Herrn Verfasser gegründet ist; so würde damit die Zufriedenheit des Lesers gleichen Schritt halten. Es hat an sich die schwedische Sprache bei ihrer grossen Einfachheit mehr Freiheit in Verbindung, Gedrängtheit und Wendung, als ein Uebersetzer leicht wiedergeben kann. RINMANS Geschichte des Eisens war Führer bei den Kunstausrücken; sie mögen jedoch wandelbar seyn; meist habe ich auch das dem Deutschen und Schwedischen gemeinsame Stammwort beizubehalten gesucht.

In Beziehung auf die Note S. 48, hat der Herr Verfasser gütigst mitgetheilt, dass allerdings das Eisen beim Zerreißen, und zwar in der Rissfläche selbst, in hohem Grade magnetisch wird, und dass das weiche Eisen diese Eigenschaft in weit höherem Grade annimmt, als das harte.

Ich nehme mir die Freiheit, aus einem Schreiben des Herrn Verfassers noch anzuführen: In den Abhandlungen der schwedischen Akademie der Wissenschaften wird ein Memoire desselben gedruckt, worin er nachweist, dass die akusti-

schen Versuche von SAVART, CHLADNI u. A. genau mit den in gegenwärtigem Werk angegebenen Resultaten über Elasticität und Maass der Elasticität übereinstimmen. Diess muss allerdings das Vertrauen zu SAVARTS und CHLADNI'S, als auch des Herrn Verfassers Versuchen, und der daraus gezogenen Theorie erhöhen.

ERLANGEN, am 20. August 1828.

DER ÜBERSETZER.

INHALTSANZEIGE.

ERSTER THEIL.

Einleitung.

	Seite
§. 1. Wöchentliche Verarbeitung auf einem Stangeneisenheerde, ohne Streckung	1
§. 2 — 6. Verschiedene Arten des schwedischen Stangeneisens	3
§. 7. Auswalzung des Eisens zu den Versuchen	12
§. 8 — 11. Versuche in London über den Einfluss des Schmiedens und Walzens auf die Stärke des Eisens	14
§. 12. Ueber den Einfluss der Wärme auf das Eisen	22
§. 13. Weichen und harten, ganzen und zerrissenen Eisens eigenthümliches Gewicht	24
§. 14. Dichtheit und Schmiedbarkeit des gewalzten Eisens	28
§. 15. Versuche zu Eskilstuna über die Stärke des gewalzten und geschmiedeten schwedischen und englischen Eisens	29
§. 16. Gerben mittelst des Walzens, und Strecken von Probestücken geschmiedeten Eisens	31

Vorrichtungen zu den Versuchen.

§. 17 — 19. Einheiten	35
§. 20 — 21. Gestaltung der Stangen und Art der Versuche, die Spannkraft betreffend	39
§. 22 — 24. Biegungs-, Drehungs- und Schwingungsstuhl	45
§. 25 — 29. Die Fullersche Maschine mit Schwanz und Stangencirkel, samt der Anstellungsart der Ver- suche über Dehnen und Zerreißen	56
§. 30 — 31. Grenzen für die Zuverlässigkeit der Resultate; Ort wo die Versuche angestellt worden	77

Von der Spannkraft.

§. 32 — 33. Literatur des Gegenstandes	83
§. 34. Begriff der Spannkraft	92
§. 35 — 41. Theorie der Biegung	97
§. 42 — 51. Theorie der Drehung	109
§. 52 — 55. Theorie der Schwingung	125
§. 56. Direkte Dehnung	133

XVIII

	Seite
§. 57 — 60. Berechnungen über die Spannkraft	134
§. 61. Vergleichung mit andern Schriftstellern	143
§. 62 — 63. Elasticitäts - Gesetz	144

Von der Verschiebbarkeit und Cohäsion.

§. 64 — 65. Ueber die Dichtheit des Eisens	147
§. 66 — 67. Gleichheit des Eisens	150
§. 68 — 73. Verschiebbarkeit des Eisens	153
§. 74 — 80. Cohäsion des Eisens	166

Resultate.

§. 81 — 82. Praktisch	185
§. 83. Theoretisch	193

ZWEITER THEIL.

Die Versuche	197
--------------------	-----



ERSTER THEIL.

GESCHICHTE UND THEORIE.



ERSTER THEIL

GESCHICHTE UND THEORIE

EINLEITUNG.

Wöchentliche Verarbeitung auf einem Stangeneisenheerd, ohne Streckung.

§. 1. **D**er grösste Theil des schwedischen Stangeneisens wird auf der sogenannten deutschen Schmiede verarbeitet, wobei die chemische Umarbeitung des Roheisens zu geschmeidigem Eisen auf derselben Feuerstätte (Heerd) vor sich geht, worauf die Schmiedemasse auch zum Zusammenschweissen und Verschmieden erhitzt wird; auch werden diese beiden Arbeiten von einer und derselben Person, und zum Theil auch in derselben Zeit, vollführt. Wenn die Frischung bei dieser Methode ein nur einigermaßen gleiches Eisen geben soll, so erfordert sie eine ununterbrochene Aufmerksamkeit, und einen hohen Grad von Beurtheilung. Aber das Strecken lässt dem Arbeiter weder Zeit, noch die erforderliche Erholung dazu. Man hat lange in Schweden über den Mangel an guten Schmieden geklagt, und wollte diesem Mangel sowohl durch Beamten-Anordnung, als durch Anlegung von Schmiedeschulen, abhelfen. Dass gleichwohl das Vermengen der Schmelz- und Streckoperationen die wahre Ursache sey, sah Herr ROTHOFF seit vielen Jahren ein; und er widmete, überzeugt, dass die Güte des Products auch in dieser Handthierung durch die Vertheilung der Arbeit gewinnen würde, bereits zu Anfang des Jahrs 1821 seine Aufmerksamkeit und einige Versuche dem Oekonomischen hiebei.

In dem Werk zu Biörneborg, Herrn O. NORDENFELDT gehörig, wurde eine Stangeneisenschmiede (mit 2 Heerden) von gewöhnlicher Schmiedung, zur Schmelzung und Frischung bloß aufgestellt. Der Heerd wurde gerichtet zu 15 Liespfund Schmelzung, und einer starken Brech- und Suluschmiede. Da nun die Arbeit bloß im Verschmelzen und Brechen zu Frischeisen bestand, dessen Umschmelzung sofort zu Schmelzstücken, deren Zusammenschlagen und Entzweihauen unter dem Hammer zu gewöhnlichen Schmelzstücken: so konnte man nur 4 Arbeiter anwenden, wovon 2 vom gewöhnlichen Personal überflüssig waren. — 18 Lth Roheisen wurden verschmolzen und gebrochen in 2 Stunden 50 Minuten

mit $5\frac{1}{2}$ Tonnen Kohle; sodann gewendet, umgeschmolzen und gaben $16\frac{3}{4}$ L $\ddot{u}$ b Schmelzstücke in 2 Std. 40 Min. mit 3 Tonnen Kohle. — Bei 8 Schmelzungen, jede von 18 L $\ddot{u}$ b Roheisen, erhielt man 15 bis $16\frac{3}{4}$ L $\ddot{u}$ b Schmelzstücke, in 5 bis $5\frac{1}{2}$ St., mit $8\frac{1}{2}$ bis $10\frac{1}{2}$ Tonnen Kohle. — Bei 2 Schmelzungen, jede von $19\frac{1}{2}$ L $\ddot{u}$ b Roheisen erhielt man $16\frac{1}{4}$ und $16\frac{1}{2}$ L $\ddot{u}$ b Schmelzstücke, in $5\frac{32}{60}$ und 8 Stunden; dabei wurde jedoch bemerkt, dass eine Schmelzung mislang, wegen des sogenannten Scheerens des Eisens, und dass keine von beiden Schmelzungen gut von statten ging, weil die Heerde allzuklein für so grosse Schmelzungen waren. Der Kohlenverbrauch war 9 und 16 Tonnen. — Bei 2 Schmelzungen, jede von 13 L $\ddot{u}$ b Roheisen, erhielt man 12 und $12\frac{9}{10}$ L $\ddot{u}$ b Schmelzstücke, in 4 Std. 29 Min., und 4 Std. 52 Min., mit 7 und $7\frac{1}{2}$ Tonnen Kohle.

Die meisten dieser Versuche stimmen mit einander überein in Zeit, Abbrand und Kohlenverbrauch, insonderheit nach den ersten Schmelzungen. Herr ROTHOFF merkte an, dass wahrscheinlich 16 L $\ddot{u}$ b in diesen Heerden am besten gegangen wären; er sah aber seine Absicht erreicht, mit dem Resultat, dass 116 L $\ddot{u}$ b Roheisen in 36 Stunden zu Schmelzstücken verarbeitet wurden, d. h. 77 L $\ddot{u}$ b täglich, oder 18 bis 20 Schiffspfund in der Woche, auf einem Heerd.

Aehnliche Versuche wurden im September 1821 auf dem Sternhammer, mit einem Heerde, der Uddeholmer Gesellschaft zugehörig, angestellt, deren Resultat in folgender Tabelle sich findet:

Nro.	Zugesetztes Roheisen.		Erhaltene Schmelzstücke.		Zeit.		Verbrauch an Kohle.
	L $\ddot{u}$ b	Berg Gew.	L $\ddot{u}$ b	Berg Gew.	Std.	Min.	Tonnen.
1	18		17,6		5	25	$6\frac{1}{2}$
2	18		17,6		5	40	$7\frac{1}{4}$
3	20		16,8		6	12	9
4	20		19,1		5	30	8
5	22		19,3		6	20	8
6	22		19,65		6	49	$9\frac{1}{2}$
7	23		19,75		6	45	9
8	23		21,25		6	24	$7\frac{1}{2}$
9	24		20,4		7	7	9
10	24		21,0		7	16	$8\frac{1}{2}$

Der Heerd war gerichtet für Zusatz von 18 P Roheisen. Das Resultat in Beziehung auf die Zeit, welches bei diesen Versuchen eigentlich beabsichtigt war, stimmt mit den Vorhergehenden überein.

Als man im Werke zu Bofors das Eisen zu Walzversuchen schmelzte (wovon weiter unten), brachte man die wöchentliche Verarbeitung nicht höher als auf 14 Schiff P per Heerd; wobei jedoch der Umstand in Betracht gezogen werden muss, dass der grösste Theil der Schmelzstücke zu 2 Zoll vierkantig gestreckt wurde.

Verschiedene Arten des schwedischen Stangeneisens.

§. 2. Das schwedische Stangeneisen wird aus Bergerzen mittelst Holzkohle verarbeitet; und in der chemischen Reinheit dieser Stoffe scheint der Grund zu seinem Vorzuge, vor allem, aus Flözerzen, mittelst Steinkohlen verarbeiteten Eisen, zu liegen. Mehrere schwedische Erze zeigen zugleich eine Geneigtheit, Stahl zu geben; darin liegt zu gleicher Zeit die Möglichkeit, das Eisen zu einem hohen Preise in Handel zu bringen, wenn man das Erz aussondert, und die Ursache zu einer Ungleichheit im Stangeneisen, welche seinen Werth im Verbrauch herabdrückt, und dadurch den Preis im Handel. Andere Erze aber geben ein ausgezeichnetes weiches und zähes Eisen, welches eben darum, für sich und demnach ohne Beimischung dargestellt, einen hohen Preis beim Verbrauch verdienen sollte. Diese verschiedene Beschaffenheiten der schwedischen Erze sind von Alters her bekannt; und man findet darin einen wirklichen Grund zu der in den Verfassungen enthaltenen Verordnung, gemäss welcher die Werke das Roheisen von denjenigen Orten verbrauchen sollen, d. h. von derjenigen Art, wozu sie bei der Anlegung privilegiert wurden; obgleich dieses technische Princip bald mit der Berechnung über den Zugang des Roheisens vermengt wurde, und dadurch die Art eines Verbots annahm, welches nach der Hand in Unwirksamkeit kam, und zuletzt (1820) aufhörte.

Die Verschiedenheit der Erze giebt jedoch allein nicht genugthuende Erklärung für die Ursache der Verschiedenheit, worunter sich das schwedische Eisen im Handel findet. In einer und derselben Stange kommen gewöhnlich 2 Sorten Eisen vor, oft in demselben Querschnitt. Ob man nun gleich im Allgemeinen annimmt, dass dieses von der Heerdarbeit herrührt, und die Beschaffenheit und

Menge der Schlacken sichtbar auf die Eigenschaften des Eisens einwirken, so ist gleichwohl eine nähere Bestimmung des Phänomens ein Beitrag zu dessen Auseinandersetzung.

Bei der Absendung (i. J. 1822.) von einigen Schiff $\ddot{u}$ Röhrenzeug von dem Werke zu Bofors, für die Gewehrfactorie von Norrtelje und Eskilstuna verfertigt, wurde das Eisen an beiden Enden abgehauen; obgleich nun die Schmiede die Anweisung erhalten hatten, nur die Mittelstücke dazu zu verwenden, so fanden sich doch 3 Arten von Eisen in diesem Zeug; nämlich *a*) hartes, im Bruch weiss, feinkörnig, ähnlich dem Stahl; *b*) weiches, im Bruch grau, grobkörnig, und kristallinisch; *c*) eine Mischung von diesen beiden Aeussersten (Extremen). Kleine Stücke von den Arten *a* und *b* wurden zu der Form ausgeschmiedet, welche sich in Taf. X. Fig. 5. in der wahren Grösse befindet. Vermittelst des Auges *A* wurde das Eisenstück aufgehängt. An dem herabhängenden Ende *B* wurde eine Wagschaale befestigt, und belastet bis das Eisen zerriss. Eine und dieselbe Dimension, nämlich $\frac{1}{8}$ Werkzoll Quadrat zerbrach von der Sorte *a* bei 43 L $\ddot{u}$ Victualiengewicht; und von *b* bei $27\frac{1}{2}$ L $\ddot{u}$. Die erstere konnte nicht um einen Cylinder von $\frac{5}{8}$ Werkzoll herumgebogen und wieder zurückgewickelt werden, ohne einen Bruch zu erhalten. Dagegen konnte die andere Eisenart *b* leicht, ohne das mindeste Zeichen von Bruch, auf- und abgewickelt werden. — In Hinsicht auf die ungleiche Streckung, welche diese Eisenarten zeigten, wurde ein anderer Versuch gemacht, wobei die Art *a* bei 61,7 L $\ddot{u}$ Berggewicht zerriss, und sich zu einem nahe zu quadratischen Querschnitt von 0,7 Linie Seite zusammenzog. Die Art *b*, welche so genau als möglich zu derselben ursprünglichen Dimension verschmiedet worden, riss bei 42,4 L $\ddot{u}$, und zog sich zusammen zu einem fast quadratischen Querschnitt, dessen Seite 0,5 Linien. Die Art *c* riss bei 52,2 L $\ddot{u}$ in einem nahe zu quadratischen Querschnitt, dessen Seite 0,625 Linien. Daraus folgt wohl, dass diese Stangeneisenarten variirten in Stärke, Biegsamkeit und Verschiebbarkeit (Ductilität); aber in Beziehung auf Einfluss der Temperatur, in welcher das Eisen geschmiedet ward, der Luft, in welcher das Abreissen geschieht, samt der Nothwendigkeit, die Dimensionen genauer zu bestimmen, wurden die Versuche umgeändert.

§. 3. Kleine Stücke der 3 Eisenarten *a*, *b*, *c*, wurden so nahe als möglich in derselben Hitze und zu derselben Dimension, d. h. zu $\frac{3}{4}$ Werkzoll Quadrat verschmiedet. Sie wurden hierauf neben einander in demselben Kohlenfeuer,

$$x = \frac{\sqrt{d^2 - l^2}}{4n}$$
Eisenart *a.*

Längendistanz des Punktes a und des Schraubstocks zu Anfang des Versuchs 35,4												
$d = 101$	}	Die Wagschaale wurde belastet mit 17,7 Lb, Länge 35,4										
$n = 24,875$		"	"	"	"	"	"	26,5	"	"	35,4	
$l = 3,5$		"	"	"	"	"	"	"	41,1	"	"	36,5
$x = 1,014$		"	"	"	"	"	"	"	45,5	"	"	37,0
Das Eisen trug noch 48,2 aber riss mit 50,8;										"	39,0	
demnach betrug die Verlängerung $\frac{1}{10}$ der ursprünglichen, und die absolute												

Stärke $50,8 + 1,86 = 52,66$. Diess entspricht 31,4 Tonnen, auf 1 englischen Quadratzoll berechnet. Die Seite der Bruchfläche war etwas kleiner als 0,75. Es muss bemerkt werden, dass das Eisen $26,5 + 1,86 = 28,36$ L $\ddot{u}$ b, also mehr als die Hälfte seiner absoluten Stärke ohne einige Streckung (permanente Verlängerung), die sich dabei messen liesse, trug.

Eisenart b.

Länge zwischen der Marke *a* und dem Schraubstock, bei leerer Wage

$d = 101$	}	oder unbelastete Länge	37,5
$n = 24,75$		belastet mit 17,7 L $\ddot{u}$ b »	38,5
$l = 3,5$		» » 26,5 » »	40,5
$x = 1,020$		» » 31,4 trug einige Augenblicke, gab aber allmählig nach. Als man die Stücke nach dem Zerreißen zusammensetzte, war der Abstand	44,0

das Eisen hatte sich also gestreckt um $\frac{1}{6}$. Die Seite der Bruchfläche war etwas kleiner als 0,60. Das zerreisende Gewicht war 33,26 L $\ddot{u}$ b, entspricht 19,6 Tonnen, auf 1 englisch. Quadratzoll.

Vergleicht man diese beiden Eisenarten mit einander, so findet sich

$$(0,60)^2 : (0,75)^2 = 19,6 : 30,7$$

oder die absolute Stärke der Eisenarten verhält sich nahezu wie die Bruchflächen; dabei ist zu bemerken, dass die Eisenart *a* schnell bei 52,66 L $\ddot{u}$ b (oder 31,4 engl. Tonnen) brach, desswegen mag diese Zahl etwas zu gross seyn.

Eisenart c.

$d = 101$	}	Unbelastet	Länge	33,6
$n = 25,875$		belastet mit 27,0 L $\ddot{u}$ b	»	34,0
$l = 3,5$		» » 35,4 »	»	34,6
$x = 0,975$		» » 44,2 »	»	35,9

Als die Wagschaale weiter belastet wurde, brach das Eisen. Beide Stücke zusammengefügt gaben die Länge 37,0. Also hatte 33,6 sich um 3,4 gestreckt, bei einem Druck von wenig mehr als 45,06 L $\ddot{u}$ b. Die Seite der Bruchfläche wurde geschätzt zu 0,65. Die absolute Stärke entspricht 29,7 Tonnen, auf 1 engl. Quadratzoll.

§. 4. Nachdem das Verhalten dieser verschiedenen Eisenarten, in Hinsicht auf frischen Bruch, Stärke, Zähheit und Verschiebbarkeit (Ductilität) auf diese Weise bestimmt worden, so entstand natürlich der Wunsch, die Extreme dieser Verschiedenheiten kennen zu lernen. In dieser Absicht wurde ein Stück von der Eisensorte α ausgewählt, dessen Bruch meist feinkörnig war, und wie Stahl. — Der Zufall wollte, dass unter andern Versuchen ein Eisen von dem Aeussersten in Weichheit getroffen wurde. Ein Stück von 4 bis 5 Lb an Gewicht, das von einer gewöhnlichen Stangeneisenschmelzung (mittels Brechschmiede auf der deutschen Schmiede bereitet) beim Zusammenschlagen abfiel, wurde bei Seite gelegt, um wie gewöhnlich auf den Heerd geworfen zu werden. Es bestand aus Kohle, Schlacke und Eisen. Erhitzt bis zur Schweiss-hitze suchte man es mit dem Handhammer zusammenzuschlagen, aber es fiel entzwei. Das gegerbte Stück der andern Hälfte fiel gleichfalls unter dem Handhammer entzwei. Die neue Hälfte wurde aufs Neue gegerbt, und nun konnte das Eisenstück unter dem Stangeneisenhammer, raschen Ganges, zu $\frac{9}{16}$ Werkzoll vierkantig ausgeschmiedet werden, es wog wenig über 2 Lb ; nach dem Zerschlagen zeigte es, vor dem andern, ein vollkommen gleiches Korn von grauer Farbe und blosse Fasern. Dieses Eisen war äusserst weich. Ein Nagel wurde daraus geschmiedet, mit dem leichten Hammer, ohne weiteres Schweissen; aber obgleich noch einmal geschweisst, hielt das Eisen den Hammer nicht aus, wenn er unvorsichtig gebraucht wurde. Eine Schraube liess sich leicht drehen, und blieb gerade. Da man diess Zeug zu $\frac{3}{8}$ Werkzoll im Durchmesser ausschmiedete, konnte die Schraubenscheibe, auf dem Amboss gezogen, selbst die Schraubenspindel abdrehen. Die abgedrehte Fläche zeigte ein vollkommen dichtes Eisen von weisser Farbe — das unter dem Stangeneisenhammer gestreckte $\frac{9}{16}$ Zoll vierkantige Stück zeigte sich, an den Enden abgebrochen, ganz gleichartig. Ein geschickter Kleinschmied, 40 Jahr alt, hatte noch nie so weiches Eisen verarbeitet.

Diese 2 Eisenarten wurden zu Versuchen wie vorhin zubereitet, sodann beide bis das Eisen nur eben sich färbte (dunkle Rothglüh-hitze) in derselben Hitze, gleichlang, geglüht, und langsam zusammen abgekühlt. Auf beiden Eisenstücken wurden Punkte angemerkt, um die Streckung zu bestimmen; die Dimension des Eisens wurde wie vorhin bestimmt, des Seidenfadens Länge (100,0 Decimallinien) blieb von Anfang bis Ende des Versuchs unverändert. Die Wagschaalen, samt Ketten, Haken und der Schraubkloben wogen zusammen 164 Lb

Vict.-Gewicht; die Lufttemperatur war $+ 12^0$; beide Eisenarten konnten kalt geschmiedet, und um einen Cylinder von $\frac{5}{8}$ Werkzoll Durchmesser gebogen, und wieder gerade gerichtet werden, ohne zu zerreißen, oder das mindeste Zeichen eines Risses.

Eisenart *a*.

$d = 100,0$
 $n = 22,375$
 $l = 3,75$
 $x = 1,116$

Die Wagschaale wurde allmählig mehr und mehr belastet, ohne die mindeste Streckung des Eisens; und da die Summe aller Gewichte auf 79,6 L $\ddot{u}$ stieg, glitt der Schraubkloben ab. Das Eisen wurde doppelt gefaltet am untern Ende, und der Schraubkloben aufs Neue befestigt, aber mit 79,6 L $\ddot{u}$ Druck brach das Eisen in einer Falte. Die Stücke *c c* Taf. X. Fig. 6. wurden mit dem untern Ende *B* zusammengeschweisst, und das Eisen zur Befestigung des Schraubklobens hergerichtet. Dadurch veränderte sich das Maass wie folgt:

$d = 100,0$
 $n = 24,75$
 $l = 3,65$
 $x = 1,098$

Keine Streckung ward bemerkt bei 70,6 L $\ddot{u}$ Druck; eben so wenig trat sie ein bei 84,7 L $\ddot{u}$, als das Eisen schnell zerbrach, ohne Verminderung des Querschnitts; dieses Eisen, unzerrissen bei weniger als 51 Tonnen auf 1 englischen Quadrat-zoll, zeigt die Grenze, welche die Stärke des Eisens erreicht. Dieses Eisen konnte auch nach dem Versuch kalt geschmiedet und ohne zu reißen gebogen werden.

Das weiche Eisen.

$d = 100,0$
 $n = 22,375$
 $l = 3,75$
 $x = 1,116$

Verschiedene Punkte *m, m', m'', m'''* und *n* wurden bezeichnet. Taf. X. Fig. 7. Am Anfang des Versuchs war $mm' = 10$; $m' m'' = 10$; $m'' m''' = 10$; $m''' n = 5$ also $mn = 35$ Linien. Bei 28,1 L $\ddot{u}$ Druck, fing das Eisen an sich zu strecken, aber nicht zwischen *m* und *m'*. Bei 37,0 setzte sich die Streckung fort, und bei 41,4 gab das Eisen nach, und schlitzte entzwei nach einigen Sekunden. Nun fanden sich

$$\begin{array}{rcl}
 m m' & = & 10,5 \text{ gestreckt um } 0,5 \\
 m' m''' & = & 25,0 \quad \text{»} \quad \text{»} \quad 5,0 \\
 m''' n & = & 5,5 \quad \text{»} \quad \text{»} \quad 0,5
 \end{array}$$

Die ganze Streckung 6,0

Demnach hatte sich gestreckt m m' um $\frac{1}{20}$; m' m''' um $\frac{1}{4}$, m''' n um $\frac{1}{10}$ der ursprünglichen Länge, und das Ganze um mehr als $\frac{1}{6}$. Die Seite der Bruchfläche wurde geschätzt 0,725. Das zerreissende Gewicht entsprach 20,4 Tonnen auf 1 engl. Quadratzoll *).

§. 5. Diese Eisenarten waren verarbeitet in dem Werke zu Bofors in Wermland, aus Carlskoger Roheisen von den Dalkarsbrug Erzen. Um zu untersuchen, ob andere Erze, auf unterschiedene Weise und von andern Arbeitern verarbeitet, ein noch weicheres Eisen geben möchten, wurden einige Eisenstücke aus dem Werke zu Frösvidal und der Ramshütte zu Nerike, vom Roheisen aus den Erzen der Pershütte verarbeitet, ausgewählt. Die Eisenstücke wurden, wie gewöhnlich, zu den Versuchen bereitet, doch etwas zu stark geglüht.

Eisen von Frösvidal Nro. 1.

$d = 100,0$	}	Das Eisen trug 29,2 L $\ddot{u}$ b. Während mehr auf die Wagschaale gelegt werden sollte, zerriss es. Vielleicht kann man das brechende Gewicht 29,5 L $\ddot{u}$ b setzen; diess entspricht 18,3 Tonnen auf 1 engl. Quadratzoll. Die Streckung ist $\frac{1}{5}$.
$n = 25,125$		
$l = 3,5$		
$x = 0,994$		

Eisen von Frösvidal Nro. 2.

$d = 100$	}	Das Eisen brach wie Nro. 1.; streckte sich von 38 bis 43,75, oder um $\frac{1}{6}$, und die Stärke entspricht 19,6 Tonnen.
$n = 26,0$		

Eisen von der Ramshütte Nro. 1.

$d = 100$	}	trug wenigstens mehr als 26,5. Als man mehr Gewicht zusetzen wollte, riss es. Die Stärke kann man setzen 27,0 L $\ddot{u}$ b, entspricht 19,0 Tonnen. 38 Linien streckten sich zu 46.
$n = 26,75$		

Eisen von der Ramshütte Nro. 2.

$d = 100$	}	trug 30,1. Es riss, als mehr Gewicht zugesetzt werden sollte. Man kann die Stärke 30,5 L $\ddot{u}$ b setzen; entspricht 20,6 Tonnen. 38 Linien streckten sich zu 45.
$n = 26,5$		

*) Die Schlüsse aus Versuchen im Kleinen werden durch das Nachfolgende modificirt.

Wahrscheinlich wurden diese Eisenarten durchs Glühen geschwächt; darum kann aus den Versuchen mit ihnen nur der Schluss gezogen werden, dass die Stärke des weichsten Eisens, das aus den Erzen der Pershütte verarbeitet wird, nicht bedeutend von 19 Tonnen auf 1 engl. Quadratzoll verschieden ist.

§. 6. Diese Versuche geben zu erkennen, dass das zähe schwedische Stangeneisen, welches wir in hartes und weiches *) eingetheilt haben, in diesen zwei Arten folgende bestimmende Unterschiede hat:

Das harte: der Bruch weiss, feinkörnig, ähnlich dem Stahl; das Eisen trägt ungefähr 50 Tonnen auf 1 engl. Quadratzoll, zerreisst aber, ohne im Querschnitt sich zusammenzuziehen, und folglich ohne Streckung, in einer feinkörnigen, weissen und dichten Fläche.

Das weiche: der Bruch grau, krystallinisch, wie Roheisen; es trägt ungefähr 20 Tonnen, zieht sich unter dem Brechen zusammen, ungefähr auf $\frac{4}{9}$ des ursprünglichen Querschnitts, und verlängert sich höchstens um 3 Zoll auf einen Fuss, und reisst in einer zackigen, grauen und in Fäden getheilten Fläche.

Diese äussersten Zustände (insbesondere der erste) treffen sich jedoch selten. Das zähe Eisen ist gewöhnlich faserig, und doch von ganz verschiedener Stärke. Es giebt ein faseriges, hartes Eisen, das ungefähr 30 Tonnen trägt, sich ungefähr um $\frac{1}{10}$ seiner Länge streckt, und im Verhältniss damit sich zusammenzieht.

Im Allgemeinen scheint die ungleiche Stärke dieser Eisenarten eigentlich auf der grössern oder geringern Kraft zu beruhen, die zum Umschaffen des Eisens, von einer Form zur andern, erfordert wird. Wenn diese Kraft das Maass für die Ductilität abgiebt, so scheint der Grad derselben, das zähe Eisen characterisirenden Eigenschaft, die absolute Stärke des Eisens zu bestimmen. Da die Bruchfläche des weichen Eisens $\frac{4}{9}$ des ursprünglichen Querschnitts ist, und seine absolute Stärke 20 Tonnen; so würde des Eisens absolute Stärke, dessen Härte keine merkbare Umschaffung der Form beim Zerreißen zulässt, ob es gleich unter dem Hammer nachgiebt und sich biegen lässt, $\frac{9}{4} 20 = 45$ Tonnen seyn, wenn die Cohäsion, d. h. der reissenden Fasern Zusammenhalt, deren Querschnitt 1 gesetzt wird, constant wäre. Dieses Resultat

*) Siehe darüber weiter: Schweden, 9tes Heft pag. 120 ff., wo unsere Ansicht über die verschiedenen Arten des Stangeneisens sich entwickelt findet.

von 45 Tonnen ist nicht bedeutend von 50 unterschieden, was die jüngsten Versuche gaben, ob sie gleich, nur im Kleinen angestellt, nicht als entscheidend in dieser Hinsicht angesehen werden können.

Wir kommen bald auf diesen Gegenstand wieder zurück, und wollten hier bloß die Ungleichheit in dem besten schwedischen Eisen, nämlich dem zähen, anmerken. Muss man sie den Erzen oder der Verarbeitungsweise zuschreiben? Auch auf diese Frage kommen wir zum Theil weiterhin zurück; inzwischen führt sie uns auf den Gegenstand, der eigentlich der Zweck gegenwärtiger Arbeit ist: nämlich den Einfluss des Schmiedens und Walzens auf die Eigenschaften des schwedischen Eisens. Unläugbar ist dieser Gegenstand für die Eisenhandthierung im Allgemeinen wichtig. Mag immer der jetzt vorliegende Schritt zur höheren Förderung der schwedischen Eisenhandthierung die Sonderung der Stahlerze und deren Verarbeitung bloß zu Stahleisen betreffen, wodurch nicht bloß diese Erze ihren grössten Beitrag zum schwedischen Nationalvermögen liefern würden, sondern auch viel Stangen-eisen von den eingemengten Stahlarten befreien, die dessen Anwendbarkeit unglaublich verringern; so kann man doch gewiss behaupten, dass die Unterscheidung der zwei Arten zähen Eisens, welche wir eben nach ihren Eigenschaften quantitativ zu bestimmen suchten, von grossem Gewicht ist; und diess bei dem Verbrauch eines Eisens, das unter so verschiedenen Eigenschaften vorkommt, als das schwedische besitzt. Ob wir gleich bereits an einem andern Orte *) die Entwicklungen der gegenwärtigen Beschaffenheit des schwedischen Eisens unternommen haben; so wollen wir gleichwohl hier in Kurzem anführen: dass, wenn das Roheisen, gefrischt und verschmolzen auf deutsche Weise auf dem Stangenheerde, das Chemische des Processes durchgemacht hat, und unter dem Namen von Schmelzung unter den Hammer gebracht wird, und von einer ungleichen sphärischen Gestalt zusammengeschlagen wird, als zu einem runden Kuchen, wie Taf. X. Fig. 8.; dieser Kuchen ganz andere Eisenart enthält an den Kanten *a, a*, als in der Mitte *b, b*. Gleichwohl wird dieser Kuchen in die Stücke 1, 2, 3, 4 und 5 zusammengehauen. Daraus folgt, dass das Stück Nro. 1. beim Ausschmieden eine Stange giebt, welche an der einen Seite der Kante hart ist; dass das Stück Nro. 2. eine an beiden Enden härtere, und in der Mitte weichere Stange giebt u. s. w. Zu genauerem Bedarf werden die Schmelzungen an den Kanten

*) Schweden a. a. O.

zerhauen, wodurch das gleichere Eisen der innern Masse *b*, *b* besonders dargestellt werden kann. Inzwischen tritt auch für dieses Eisen wieder die Frage auf: Welche Eigenschaften erhält das Eisen durch die Art, wie es zu einer für den Handel dienlichen Form gestreckt wird, nämlich durch Schmieden und Walzen? — Wir gehen zu den Vorbereitungen hiezu über.

Auswalzung des Eisens zu den Versuchen.

§. 7. Den 26sten September im Jahr 1824, als die Schmiede in dem Werke zu Bofors bei dem Anfang der Woche beginnen sollte, erhielten die Arbeiter die Weisung, dass die von der letzten Woche verwahrten Schmelzstücke in einer andern Woche gestreckt werden sollten, indem die angegangene Woche zur Bereitung von grossen Quadratstangen *) angewandt werden sollte. Auf dem Werk fand sich ein Heerd und ein Hammer. Die Schmiede erhielten gewöhnlich 10 Procent überschüssige Kohle, und 5 Procent überschüssiges Eisen, und schmiedeten ungefähr 11 Schiffŀ 1 $\frac{3}{4}$ Zoll $\frac{3}{8}$ Zoll platt **) in einer Woche. Im übrigen erhielten die Schmiede keine Vorschrift; arbeiteten mit demselben Eisen wie gewöhnlich (nämlich dem aus den Dalkarlsberg Erzen verarbeiteten) und bei derselben Heerdbestellung; sie erhielten nur die Anzeige, dass, wenn die Streckung den grössten Theil nach aufgehört hätte, die Heerdarbeit um so mehr betrieben werden könnte. In dieser Wochenarbeit wurden zwischen 3 Std. 0 M. bis 3 Std. 55 M. verbraucht zum Zusammenhauen der Schmelzung, zum Schweißen samt dem Strecken nach folgenden Dimensionen: Es wurden beständig 17 Lŀ Roheisen zugesetzt, zwei Schmelzungen ausgenommen, welche mit 20 Lŀ jede vorgenommen wurden. Beim Zusatz von 17 Lŀ, worauf der Heerd zugerichtet war, wurde die Schmelzung gewöhnlich in 6 Stunden vollbracht. In der ganzen Woche wurden 14 Schiffŀ 16 Lŀ Roheisen vermittelt 10 Körben (a 24 Tonnen) Kohlen zu 22 Schmelzungen verschmolzen, daraus erhielt man 108 Schmelzstücke, an Gewicht 14 Schiffŀ 2 Lŀ 5 ŀ. Aus diesen 108 Eisenstücken wurde

*) Stangen, deren Durchschnitt ein Quadrat; die Seite des Quadrats wird im Folgenden vorangesetzt, z. B. $\frac{1}{8}$ Zoll Quadratstange bedeutet eine Stange, deren Durchschnitt ein Quadrat, dessen Seite $\frac{1}{8}$ Zoll.

**) Platt heisst, dass der Durchschnitt ein Rechteck von der angegebenen Dimension ist.

Anmerkungen des Uebers.

ein Eisenstück, bezeichnet mit $x y z$, weggenommen, samt 4 grossen Vierkantern, zur Gegenprobe *). Die übrigen Stücke nämlich

22 Stück	$1 \frac{3}{4}$ Zoll	Quadrat;	an Gewicht	3. —	15
56 „	$1 \frac{7}{8}$ „	„ „ „	„ „	7. 18.	10
13 „	2 „	„ „ „	„ „	1. 18.	—
3 „	$2 \frac{1}{4}$ „	„ „ „	„ „	— 8.	—
2 „	$2 \frac{1}{2}$ „	„ „ „	„ „	— 4.	—
7 „	3 „	„ „ „	„ „	1. 2.	5
103	Stapelgewicht Schiff			14. 11.	10

wurden mit noch 6 andern, ohne die geringste Auswahl entnommenen Schmelzstücken, an Gewicht $19 \frac{1}{2}$ L $\ddot{u}$ b Stapelgewicht, über Götheborg nach London gesandt.

Dieses durch den Schmelzheerd erhaltene Eisen, zusammen 2 Tonnen 2 Centner 4. 0 engl. Gewicht, wurde in das Herrn TH. und W. HOWARD **) gehörige Walzwerk abgeliefert. Dort wurden (mit Ausnahme von 38 noch unverwendeten Stücken, im Gewicht von 14 Cnt. 1,0) 71 Eisenstücke, zusammen wiegend 1 Tonne 8 Cnt 3,0, auf folgende Weise angewendet, nämlich

- 4 Stück zum Ausschmieden mit der Hand in Herrn BRUNTONS et Comp. Ankerschmiede (wovon hernach), verhältnissmässig mussten diese wiegen 1 C 10. 0.
 3 Stück, zum Gerben und theils zum Auswalzen, theils zum Ausschmieden, lieferten 1 C 1. 0 Product vom Walzwerk, und wogen ursprünglich ungefähr 1. 2.

*) S. unten §. 16. Anm. des Uebers.

**) Die ausgezeichnet liberale Weise, womit Herr HOWARD allen Wünschen entgegen kam, die mannichfaltigen Zurüstungen, welche mit dieser Auswalzung verbunden waren, und die Offenheit, womit er uns seine Werkstätten zeigte, erweckt die grösste Hochachtung für die über alle kleinen Interessen erhabenen Ansichten dieses englischen Eisenwerksbesitzers: auch ausser dem wirklichen Interesse für diese Untersuchungen, musste doch die Geduld gewürdigt werden, womit Herr HOWARD Aenderungen in den Vorrichtungen zuliess, und zum Theil neue Versuche über den Einfluss der Walzwerktemperatur auf die Eigenschaften des Eisens. Wir benützen um so mehr diese Gelegenheit, ihm öffentlich unsern Dank und unsere Hochachtung zu bezeugen, als wir im Allgemeinen den englischen Eisenwerksbesitzern diese höhern Ansichten nicht beilegen können, auch nicht dasselbe Interesse für wissenschaftliche Untersuchungen. — Diess Walzwerk, genannt King Queenswork, liegt in Rotherhiths Kirchspiel, an der Themse, und ist angelegt für Scrap iron, und wird durch Dampf getrieben. Die Combination zwischen der Dampfmaschine, welche den Stangeneisenhammer treibt, und der Achse, worauf der Hebearmsring sitzt, ist eine bemerkungswerthe Erfindung des Herrn HOWARD (der das Werk selbst anlegte), wodurch die Dampfmaschine von der störenden Erschütterung befreit wird, welche die Hebung mit sich brachte, ungeachtet des 11 Tonnen schweren Schwungrads von 15 Fuss Durchmesser.

64 Stück, ausgewalzt zu 222 Stangen, wogen 1 T 5. 11.
und gaben 1 T. 3 C. 2. 5 Stangeneisen von nachfolgenden Dimensionen in eng-
lischem Maass

23 Stangen	1	Zoll	$\frac{1}{4}$ Zoll; platt
6 »	$1\frac{1}{2}$	»	$\frac{1}{4}$ » »
5 »	$1\frac{1}{2}$	»	$\frac{1}{2}$ » »
2 »	$1\frac{3}{4}$	»	$\frac{1}{2}$ » »
2 »	$1\frac{3}{4}$	»	1 » »
4 »	2	»	$\frac{1}{2}$ » »
2 »	2	»	1 » »
25 »	$\frac{1}{2}$	»	im Quadrat
6 »	1	»	» »
2 »	$2\frac{1}{2}$	»	» »
108 »	$\frac{1}{2}$	»	Rundeisen
29 »	$\frac{5}{8}$	»	»
6 »	1	»	»
2 »	$1\frac{1}{2}$	»	»

Summa 222 Stangen.

Von diesen Stangen wurden diejenigen, so aus einer 3zölligen im Quadrat gewalzt worden, besonders mit einer Marke bezeichnet; mit 2 Marken die aus 2zölligen, $2\frac{1}{4}$ und $2\frac{1}{2}$ zölligen im Quadrat; mit 3 Zeichen die aus $1\frac{3}{4}$ und $1\frac{7}{8}$ Zoll im Quadrat. Die 6 nicht wieder geschweissten Schmelzstücke wurden zu 3zölligen Rundstücken ausgewalzt, und erhielten 3 Merkzeichen, und kommen also unter den obigen 108 Stangen vor, ob diese gleich nicht besonders angezeichnet worden. Gleichwohl konnte man unter diesen Stangen, wovon die meisten angewendet wurden, keinen Unterschied bemerken unter irgend einer der Proben, die man mit ihnen anstellte. — Das Auswalzen geschah im Juni und Juli 1825, das Gerben 1826.

Versuche in London über den Einfluss des Schmiedens und Walzens auf die Stärke des Eisens.

§. 8. Die Maschine, deren sich die Verfertiger der Eisenankertaue in London bei dem Probiren dieser Taue bedienen, ergab eine dienliche Gelegenheit,

die ungleiche Stärke des gewalzten und geschmiedeten schwedischen Eisens, beim Zerreißen in grossen Dimensionen, zu untersuchen. Durch Herrn WOLLASTONS geneigte Einführung ward die hydrostatische Presse zugänglich, welche der Ankertaufabrik der Herrn BRUNTONS et Comp. in London *) zugehört. Wir haben im vorhergehenden §. bemerkt, dass vier 2 Zoll Quadratstangen von Herrn HOWARD an Herrn BRUNTONS et Comp. Ankerschmiede, mit der Ankertaufabrik vereinigt, abgesendet worden. Die Tafel X. Fig. 2 giebt die Gestalten, zu welcher diese 2 Zoll Quadratstangen ausgeschmiedet wurden, so dass sie in ihrer ganzen Dicke an ihren Enden beibehalten wurden, aber im Uebrigen zu ungefähr 1zölligen Quadratischen umgeschaffen wurden, nach englischem Maass. Die gewalzten Stangen wurden an den Enden gestaucht, wie Fig. 3. *H* ausweist, um sie fest halten zu können. In der Mitte wurde eine Länge von 12 Zoll bezeichnet, um darnach die Streckung messen zu können. — Diese Versuche wurden im Juli 1825 angestellt. Wir theilen sie hier in der Ordnung mit, wie sie ausgeführt worden.

Nro. 1.

Eine gewalzte 4 Zoll Quadratstange, ganz gleich dick, fing an sich zu strecken bei 14 Tonnen Druck; die Streckung hörte auf, bis mehr Gewicht auf die Wagschaale gelegt wurde, worauf eine neue Streckung anfang, die aber auch aufhörte; u. s. w. bis die Zugabe auf 20 Tonnen stieg, wobei eine langsame, fortfahrende Streckung begann, worunter endlich das Eisen zerriss. Man bemerkte, dass noch nie so weiches Eisen in die Presse gesetzt worden, und war der Ansicht, die Ursache liege darinn, dass das Eisen in einer zu hohen Hitze ausgewalzt worden. Die 12 Zoll streckten sich zu $14\frac{1}{2}$, und dieses Ziehen betraf hauptsächlich 3 bis 4 Zoll der ganzen Länge, so dass der übrige Theil denselben Querschnitt hatte, als wie er aus den Walzen kam. Daraus scheint zu folgen, dass das Eisen ungleich war. Die gebrochene Fläche glich vollkommen dem weichsten aus den in Bofors untersuchten Eisenstücke (S. §. 3. pag. 6.).

*) Diese Maschine war 1813 von Herrn FULLER construirt, und wahrscheinlich nach demselben Prinzip, wie BRAHMAS Presse. Herr TELFORD hat diese Maschine benützt zu seinen Versuchen (S. BARLOW Essay on the strenght and stress of Timber. London 1817. p. 228 ff.), über die Stärke verschiedener Eisenarten. Da die Eigenthümer die Zusammensetzung der Presse geheim hielten, so konnten wir die Kraft nicht kennen lernen, womit sie wirkt; sondern mussten auf guten Glauben die Werthe annehmen, die man uns mittheilte.

Diese Fläche war sehr nahe quadratisch, doch war eine Seite $\frac{5\frac{1}{8}}{8}$ und die andere $\frac{5\frac{1}{2}}{8}$ englische Zoll; demnach die Fläche 0,44 Quadratzoll.

Nro. 2.

Von derselben Stange, wovon das Vorhergehende genommen worden. Die Streckung fing bei 12 Tonnen an; bei $23\frac{3}{4}$ Tonnen begann eine continuirliche Streckung, worunter das Eisen abschlitzte; 12 Zoll hatten sich gestreckt auf 14; die Streckung hatte fast auf der ganzen Länge statt gefunden; die zerrissene Fläche war quadratisch, die Seite $\frac{3}{4}$ engl. Zoll; demnach die Fläche $\frac{9}{16}$ engl. Quadratzoll.

Nro. 3.

Geschmiedetes Eisen, wie die Taf. X. Fig. 2 angiebt, quadratisch, die Seite $1\frac{1}{32}$ engl. Zoll, fing an sich zu strecken bei 18 Tonnen, trug $24\frac{1}{2}$, zerriss bei 25, wo es zäh wurde wie Wachs. Man erstaunte über die Zähheit des Zeugs. Es hatten sich 12 Zoll gezogen zu $14\frac{3}{4}$, die Rissfläche hatte $\frac{23}{32}$ Zoll. Die Stange hatte eine kleine Fliesse auf der einen Kante, welche doch nicht, oder unmerklich, zur Schwächung des Bruchs beitrug, dieser war fein, weiss und gab ein härteres Eisen, als das vorhergehende, zu erkennen. Die 25 Tonnen entsprechen $23\frac{1}{2}$ auf 1 Quadratzollfläche. Die Bruchfläche war 0,517 Quadratzoll.

Nro. 4.

Geschmiedetes Eisen, $\frac{33}{32}$ Zoll; quadratisch, fing an sich zu strecken bei 18 Tonnen, trug 29, zerriss bei $29\frac{1}{2}$, 12 Zoll streckten sich zu $14\frac{1}{4}$; die Rissfläche hatte $\frac{13}{16}$ Zoll. Die Stärke von $29\frac{1}{2}$ Tonnen entspricht 27,7 auf 1 Quadratzoll.

Nro. 5.

Gewalzt. 1 Zollig Quadrat; fing an sich zu strecken bei 13 Tonnen, trug $25\frac{1}{2}$, riss bei 26 Tonnen, 12 Zoll streckten sich zu $14\frac{3}{8}$, die Seite der Rissfläche war $\frac{17}{24}$ Zoll. Der Bruch gab ein hartes Eisen zu erkennen.

Nro. 6.

Gewalztes Eisen, von derselben Stange wie Nro. 5.; trug 23, riss bei $23\frac{1}{4}$ Tonnen; 12 Zoll hatten sich gestreckt auf $14\frac{1}{2}$; die Bruchfläche war $\frac{11}{16}$ Zoll.

§. 9. Zufolge der Anmerkung, die bei dem ersten Versuch gemacht worden, nämlich dass das Eisen bei zu hohem Wärmegrad verarbeitet worden, wurden zwei 2 Zoll Quadratstangen unter einer gelinden Rothglühhitze ausgewalzt, an den Enden gestaucht, und so zu den Versuchen zubereitet. Man erhielt so die Nummern 7, 8, 9 und 10; dass das Eisen rund ward, rührte daher, dass solche Walzen zufällig in den Stuhl eingesetzt worden.

Nro. 7.

Gewalztes Rundeisen, $3 \frac{3}{8}$ Zoll Umkreis, hielt bei 23, riss aber bei $23 \frac{1}{2}$ Tonnen; 12 Zoll streckten sich zu $13 \frac{5}{8}$; wobei jedoch angemerkt wurde, dass die Stange vor dem Merkzeichen riss; daraus folgt, dass die bedeutsame Verlängerung, welche an der Zerreißungsstelle statt findet, auf die Grösse $13 \frac{5}{8}$ nicht wirkt, welche demnach grösser ausgefallen wäre, wenn das Zerreißen innerhalb des Zeichens eingetreten wäre. Durchmesser der Rissfläche $\frac{13}{16}$ Zoll. Die Verlängerung war ganz gleich über die gesammten Länge. Die Stärke entspricht $25 \frac{1}{4}$ Tonnen auf 1 Quadratzoll.

Nro. 8.

Von derselben Stange wie Nro. 7.; trug 22, aber zerriss bei $22 \frac{1}{2}$ Tonnen; 12 Zoll streckten sich zu $14 \frac{3}{16}$; der Bruch zeigte ein weicheres Eisen als das vorhergehende. Der Durchmesser der Rissfläche war $\frac{13}{16}$ Zoll; $22 \frac{1}{2}$ Tonnen entsprechen 24,8 Tonnen auf 1 Quadratzoll.

Nro. 9.

Rundeisen, gewalzt in derselben Temperatur und zu demselben Durchmesser, wie die vorhergehende Stange, trug 27 Tonnen, und riss bei 28 Tonnen; 12 Zoll streckten sich zu $12 \frac{3}{8}$; der Rissfläche Durchmesser war $\frac{25}{24}$ Zoll, und ihr Umkreis wurde bestimmt zu $3 \frac{5}{16}$ Zoll. Der Bruch war stahlartig; das Eisen sprang mit Knall und Gefahr für die Umstehenden. Man versicherte, dass es beim Stauchen nicht mehr ins Feuer gekommen sey, als an den Enden, noch weniger eine Härte erhalten konnte; 28 Tonnen entsprechen 30,9 Tonnen auf 1 Quadratzoll.

Nro 10.

Von derselben gewalzten Eisenstange wie Nro. 9, hielt aus 36, riss bei $36 \frac{1}{2}$ Tonnen. Man bemerkte, dass stärkeres Eisen noch nie in FULLERS Maschine

untersucht worden war; 12 Zoll zogen sich zu $12\frac{1}{2}$, aber eine Aenderung im Durchmesser konnte man nicht bemerken; der Bruch war feinkörnig, stahldicht. Man versicherte, dass beim Stauchen keine Härtung statt finden konnte. Die Stärke von 36 Tonnen entspricht 40,3 auf 1 Quadratzoll.

§. 10. Bei dem ersten Blick auf diese Versuche bemerkt man einen so grossen Unterschied unter den wenigen Eisenstangen, die hier untersucht worden, dass die Frage, über den ungleichen Einfluss des Schmiedens und Walzens, unwillkürlich die Anwendung dieser Streckmethoden auf mehr gleichartiges Eisen, oder auf eine und dieselbe Eisenstange, von einigermaßen gleichem Korn an beiden Enden, fodert. In dieser Absicht wurde eines von den im §. 7 genannten quadratischen Stücken von $1\frac{7}{8}$ Zoll Seite an beiden Enden abgestossen. Der Bruch befand sich allerdings nicht durchaus gleich; aber, damit der Einfluss des Walzens um so schärfer geprüft werden sollte, wurde das weichere Ende zum Auswalzen bestimmt. In der Tafel X. stellt Fig. 1. die ganze quadratische Stange vor; *A* und *B* die abgestossenen Stücke; *c E* die eine Hälfte des Kernstücks, das ausgeschmiedet werden sollte, und *d* die andere bereits ausgewalzte Hälfte des weichern Endes *B* vom Kernstück. Der Theil *c E* wurde, wie gewöhnlich, in der Ankerschmiede mit dem Hammer zu der Form *c E* Fig. 2. verarbeitet, und das ausgewalzte Stück *d* wurde an den Enden abgestossen und sodann in 2 Hälften getheilt. Dadurch entstanden 4 Theile, nämlich die Endstücke *G* und *K*, Fig. 3, welche beibehalten wurden, um den Bruch zu zeigen, und die Zwischenstücke *H* und *I*, welche wie gewöhnlich gestaucht wurden, und unter Nro. 11 und 12 vorkommen; wogegen das geschmiedete Eisenstück *c E* Fig. 2 unter Nro. 13 vorkommt.

Als die Kernhälfte *d* Fig. 1 ausgewalzt werden sollte, wurden solche Walzen in den Stuhl gesetzt, welche das Eisen vierkantig mit abgestumpften Ecken herstellten, wovon *A* Fig. 4 einen Querschnitt vorstellt. Es soll *BCgD* das umschriebene Quadrat vorstellen, dessen Seite 1 engl. Zoll, des Achtecks Umkreis $3\frac{3}{4}$ Zoll war. Setzt man nun $F E = x$, so erhält man aus den gegebenen Grössen den Querschnitt $1 - x^2 = 0,977$ Quadratzoll. Das Walzen wurde in einer so niederen Temperatur bewerkstelligt, dass das Eisen blos Blutfarbe hatte.

Nro. 11.

Das Eisen brach bei $21\frac{1}{2}$ Tonnen, schnell, mit Knall wie Glas. Der Bruch grobkörnig, ohne Zeichen von Fasern, oder Schiebbarkeit (Verschiebbarkeit). Gleichwohl muss man dabei bemerken, dass die Stücke *G* und *K*, Fig. 3 ganz weich und zäh waren. In dem längsten Stück der nun entzweigeschlitzten Stange *H* wurde ungefähr $\frac{1}{8}$ Zoll gestempelt, wobei es unter dem Stempel nachgab, und nachher musste es sehr gebogen werden, um abubrechen, und gab sich also als ein weiches und zähes Eisen zu erkennen. Als das Stück *B*, Fig. 1 sollte gestempelt werden, sprang der Stahlstampf entzwei, zum Zeichen, dass sich eine Stahlnarbe in diesem sonst ganz weichen Eisen fand. Diese Sprödigkeit in der Zerreiassungsfläche kann demnach dem Walzen selbst nicht zugeschrieben werden, sondern fast mehr einer Einmischung von rauhem Eisen in der Stange, welches unter der niedern Temperatur, in welcher das Walzen geschah, nicht zur Geschmeidigkeit gebracht werden konnte; ein Zeichen, dass die Walzen eben so wenig als die Hämmer die Geschmeidigkeit des Eisens zu verbessern, oder demselben Fasern zu geben vermögen, wenn die Hitze nicht hinreichend gross ist. Wir haben bereits erfahren, dass das Walzen bei einer zu hohen Temperatur das Eisen zu weich machte *), und bei zu niedriger Temperatur nicht im Stande ist, die darin befindlichen Stahlblätter oder Rohheiten in schmeidiges Eisen zu verwandeln.

Die zerreiassende Kraft $21\frac{1}{2}$ Tonnen entspricht 22 auf 1 Quadratzoll. Wahrscheinlich hätte diess Eisen einem grössern Druck widerstanden, wenn sich nicht stahlartige oder rohe Theile darin eingeschlossen gefunden hätten. Keine Streckung in der Länge oder Verminderung des Querschnitts konnte bemerkt werden.

Nro. 12.

Von derselben gewalzten Stange, wie das vorhergehende, trug 24, brach mit Knall bei 25 Tonnen. Keine Fasern zeigte der Bruch, kein Zusammenziehen im

*) Beim Zusammenschweissen des Eisens Nro. 2. (common English iron), um daraus Nro. 3. zu bereiten (best english iron), ist man darauf bedacht, das Zeug zu halten: in a velding heat, but not overhot. Man sieht das Ueberhitzen als die Ursache des Schwachwerdens an, ja der Sprödigkeit, wenn die Hitze sehr übertrieben wird.

Querschnitt; die 12 Zoll waren ausgestreckt zu $12 \frac{3}{4}$. — Am längern Ende wurde $\frac{1}{8}$ Zoll gestampft, worauf es nicht ohne vieles Hin- und Herbiegen abgebrochen werden konnte, welches jedoch endlich nicht ohne ein kleines Blättchen geschah, welches an der Kante sass.

Nro. 13.

Der Theil *c* *E* Fig. 2 wurde zu einer genau 1zolligen Quadratstange ausgeschmiedet; trug $20 \frac{1}{2}$, gab nach wie Wachs bei 21 Tonnen; 12 Zoll streckten sich zu $14 \frac{7}{8}$; die Seite der Rissfläche war $2 \frac{1}{32}$ Zoll.

§. 11. Unter diesen in London versuchten Stangen von schwedischem gewalzten und geschmiedeten Eisen Nro. 1 — 13, kommen zwei ungleiche Arten vor, nämlich *a* solche, deren Bruchfläche faserig ist, und *b* solche, deren Bruchfläche körnig ist, und mehr oder weniger dem Roheisen oder Stahl gleicht. Vom ersten Schlag sind Nro. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 13, von dem letzten die Nummern 8, 9, 10, 11, 12. Bei den erstern findet sich ein bedeutender Unterschied zwischen dem ursprünglichen Querschnitte und der Zerreißungsfläche. Die Stange Nro. 1. z. B. hatte nur 0,44 Quadrat Zoll in der Rissfläche. Nun brach diess Eisen bei 20 Tonnen; wäre nun die Rissfläche 1 Quadrat Zoll gewesen, so wären zum Zerschlitzen $45 \frac{1}{2}$ Tonnen erforderlich gewesen, denn

$$0,44 : 20 = 1 : 45 \frac{1}{2} \text{ *)}$$

Nebenstehende Tabelle giebt in der ersten Kolonne die Nummer der Stange; in der zweiten die Anzahl der Tonnen, die erforderlich gewesen wäre, wenn die abgerissene Stange in der Zerreißungsfläche ein Quadrat Zoll gewesen wäre; in der dritten die Stärke in Tonnen, welche erforderlich waren um 1 Quadrat Zoll ursprünglichen Durchschnitte zu zerreißen; in der vierten den Wärmegrad beim Anfang des Ausstreckens; in der fünften die Art desselben.

*) Darin scheint die Ursache des grössern Zusammenhalts zu liegen, den man bei Eisendrath mehr als bei Eisen findet; gleichwie auch der Schwächung, welche die Glühung herbeiführt. Die Art, wie das Eisen zu Drath verarbeitet wird, ist beinahe dasselbe Strecken welches das Stangeneisen an seiner Zerreißungsfläche leidet. Die Glühung stellt die unter dem Strecken ausgetilgte Ductilität wieder her. D'FOUR fand, dass ein Eisendrath von 0,033 Zoll Durchmesser im Mittel 106 °F trug; aber geglüht nur 49.

T a b e l l e

über die in London angestellten Versuche, die Stärke gewalzten und geschmiedeten schwedischen Eisens betreffend.

Nummer des Versuchs.	Absolute Stärke auf 1 Quadratzoll.		Wärmegrad beim Anfang der Streckung.	Art der Streckung.
	Der Rissfläche Querschnitt.	Ursprüngl. Querschnitt.		
a) 1	45,5	20,	} Schweisshitze.	} Walzen.
2	42,2	23,75		
3	48,4	23,5		} Schmieden.
4	44,7	27,75		
5	51,8	26,0		} Walzen.
6	49,2	23,25		
7	45,3	25,9		
b) 8		24,8	} Rothglüh- hitze.	} Walzen.
9		30,9		
10		40,3		
11		22,0	} schwächste Rothglühhitze.	} Schmieden.
12		25,6		
a) 13	48,8	21,0	Schweisshitze.	Schmieden.

Man findet hieraus keinen allgemein geltenden Zusammenhang zwischen der absoluten Stärke der Flächeneinheit im Augenblicke des Zerreißens und dem ursprünglichen Durchschnitt; demnach beruht diess Verhältniss auf der Beschaffenheit jeder Stange. Die Stange Nro. 1, die schwächste, trug nach dem ersten Gesichtspunkt 45,5 und nach dem letzten 20,0 Tonnen, indem dagegen Nro. 4, welches die stärkste der ersten Art war, 44,7 in der ersten, und 27,7 in der letzten Hinsicht trug. Da diese Reflexion durch alle Glieder der Tabelle der Art *a* durchgeht, so entsteht leicht der Gedanke, dass die Stärke der Fibern im weichen und harten Eisen im Augenblicke des Reißen gleich gross ist, und dass die Ungleichheit der Zahlen in der 2ten Kolonne von 42,2 bis 51,8 nur von der Schwierigkeit, die Querschnitte genau zu messen, herrühre. Die mittlere Stärke der zwei weichsten Eisenstangen Nro. 1 und Nro. 13 ist 47,15, und der zwei stärksten, nämlich Nro. 4 und Nro. 5, ist 43,30. — Dieses scheint auch mit dem Resultat der oben im §. 4 angeführten Versuche übereinzustimmen, wo nämlich das härteste Eisen, welches eher in der Richtung der Fasern riss, als es

die Form änderte, ungefähr 50 Tonnen trägt. Das Eisen Nro. 10 trug zwar nur 40,3 Tonnen auf einen englischen Quadratzoll, war aber auch nicht frei von Zusammenziehung der Bruchfläche und Verlängerung. Dass die Stangen Nro. 11 und 12 hievon eine Ausnahme machen, scheint von einer Fehlerhaftigkeit an der Zerreißungsstelle herzurühren, wodurch die zerreißenden Fibern als Punkte des Risses, wie in einem Mittelzustand zwischen Roheisen und Stangeneisen befindlich angesehen werden konnten.

Die mittlere Stärke der Fibern in der Rissfläche ist beim gewalzten Stangeneisen 46,8, und bei dem geschmiedeten 47,3 Tonnen. Da die Unsicherheit der Resultate gewiss den Unterschied 0,5 zwischen diesen Zahlen übersteigt, so scheint die absolute Stärke der reißen Eisenfibern nicht von der Art der Bearbeitung abzuhängen *).

Ueber den Einfluss der Wärme auf das Eisen.

§. 12. Das Verhalten zwischen der absoluten Stärke, abgesehen von der inneren Beschaffenheit des Eisens, dem Wärmegrad, wobei das Ausstrecken zur Stange vor sich ging, und der Art dieses Streckens, ergibt sich aus der 3ten, 4ten und 5ten Kolonne der Tafel.

Das schwächste, eben so auch das stärkste Eisen war gewalztes; das schwächste gewalzte war doch beinahe so stark als das schwächste geschmiedete; aber das stärkste gewalzte war bedeutend stärker als das stärkste geschmiedete. Dieselbe Schlussfolge ergibt sich aus den Versuchen 11, 12 und 13, wobei die Eisenstangen aus derselben 2zölligen Quadratstange gewonnen waren, aber das geschmiedete, welches bedeutend schwächer war, aus dem stärkern Ende. Wenn man, abgesehen von der Temperatur, über den Einfluss der Streckungsart auf die Stärke des Eisens reflectirt, folgt gleichfalls, dass das Walzen ein stärkeres Eisen geben kann, als das Schmieden **).

*) Zur Vermuthung, dass die Cohäsion von der Eisenart, d. h. von der Ductilität, unabhängig sey, haben wir oben pag. 11. eine Veranlassung gehabt.

**) Wir haben damit keineswegs gesagt, dass sich nicht ein geschmiedetes Eisen finden liesse, welches stärker wäre als das gewalzte unter Nro. 10; sondern wir haben im Gegentheil durch Versuche erwiesen, dass es geschmiedetes Eisen giebt, welches ungefähr 50 Tonnen auf den englischen Quadratzoll trägt. Aber der aufgestellte Satz gilt für Eisen von ein und derselben Art, auf eine oder die andere Weise zu Stangen gestreckt. Uebrigens sind die Angaben der Schriftsteller über die Stärke des Eisens höchst

Untersucht man den Einfluss der Wärme an und für sich selbst, so ergibt sich die mittlere Stärke des gewalzten Eisens in der Schweisshitze $23 \frac{1}{4}$, in der Rothglühhitze $30 \frac{1}{2}$ und in der schwächsten Rothglühhitze $23 \frac{4}{5}$. Die Temperatur hat also einen bedeutenden Einfluss, und die Rothglühhitze giebt dem Eisen seine grösste Stärke, ohne seine Zähheit zu vermindern. Wäre demnach die Frage, ein zähweiches Eisen zu bereiten, so scheint die Schweisshitze der rechte Grad von Erhitzung zu seyn. Aber auch in Ansehung bloss der absoluten Stärke des Eisens hat die Wärmeabnahme ihre Grenzen, welches deutlich aus den Versuchen 11 und 12, verglichen mit den Versuchen 7, 8, 9 und 10, erhellt. Des geschmiedeten Eisens mittlere Stärke, die 24 Tonnen etwas übersteigt, ist grösser als des in Schweisshitze gewalzten Eisens, aber kleiner als des in der Rothglühhitze gewalzten. Wenn man sich nun erinnert, dass die Stärke des von Herrn TELFORD *) untersuchten Eisens auf 29 Tonnen stieg, so konnte man hieraus schliessen, dass bloss die Temperatur, unter welcher das Eisen gestreckt wird, auf die absolute Stärke wirkt, nicht die Art der Streckung. Denn, wenn der Wärmegrad im Anfang des Schmiedens bis zur Schweisshitze steigt, und am Ende des Schmiedens vielleicht kaum das Eisen färbt; so scheint nichts Eigenthümliches in der Streckungsart nöthig zu seyn, um dem geschmiedeten Eisen eine Stärke beizubringen, welche die des in der Schweisshitze gewalzten übertrifft, aber dem in der Rothglühhitze gewalzten nicht gleich kommt. Wäre dieser Schluss richtig, so würde gleichwohl noch diese Eigenthümlichkeit das Walzen von dem Schmieden unterscheiden, dass das erstere den Walzmeister in Stand

verschieden. Herr SOUFFLOT und RONDELET haben ein im Bruch grobkörniges Eisen zerrissen mit 18,1 Kilogrammen auf 1 Quadrat-Millimeter Durchschnitt, und haben sogar ein faseriges Eisen gefunden, welches 92,3 Kilogramme auf 1 Quadrat-Millim. erforderte: das erstere entspricht 11 Tonnen und das 2te 55 Tonnen auf einen englischen Quadratzoll (Siehe Duleau Essai théorique et expérimentale sur la resistance du fer forgé. Paris 1820. pag. 72.). In der Ausgabe von Herrn BUCHANANS Practical Essays on Mill Work, von 1823 zu London, findet sich eine Tabelle über die Resultate mehrerer Schriftsteller über die absolute Stärke des geschmiedeten Eisens. Das stärkste schwedische Eisen, das dort vorkommt, hat MUSCHENEROBEK mit $39 \frac{3}{4}$ Tonnen auf 1 engl. Quadratzoll abgerissen; doch hat von SICKINGEN einen Eisendrath versucht, der erst bei einem Zugewicht von 50 Tonnen zerriss. Des letztgenannten Schriftstellers Resultat stimmt hinlänglich mit dem von uns gefundenen und oben angeführten überein; aber die Resultate der Herren SOUFFLOTS und RONDELETS stehen im Streit mit dem aller Schriftsteller, die uns bekannt geworden. Gleichwohl dürfte angemerkt werden, dass Herrn RONDELETS stärkstes Eisen $2 \frac{1}{4}$ Decimallinien im Durchmesser hatte. War es vielleicht zu Drath gezogen?

*) BARLOW a. a. O. pag. 229. Herr BROWN untersuchte schwedisches Eisen, das bei 23,19 Tonnen nachgab; doch haben wir Veranlassung, an der Richtigkeit der Kraftberechnung für die Maschine, deren er sich bediente, zu zweifeln. Siehe Herrn TELFORDS Aeusserung hierüber a. a. O. pag. 231.

setzt, die für den Zweck dienliche Temperatur zu wählen, da hingegen der Stangeisenschmied unter geringer Abänderung der Temperatur zu wählen hat *)

Weichen und harten, ganzen und zerrissenen Eisens eigenthümliches Gewicht.

§. 13. Man findet demnach, dass die Stärke des Eisens hauptsächlich auf der Temperatur beruhet, bei welcher es gestreckt wird, und dass die absolute Stärke auf der Verschiebbarkeit beruhet **). Diese Eigenschaft wird demnach durch die Temperatur modificirt. Aber der Wärme allgemeinste Eigenschaft ist, das Volumen der Körper zu ändern. Ist das eigenthümliche Gewicht verschieden bei hartem und weichem Eisen?

Man hat beobachtet, dass das Eisen beim Zerreißen sich erhitzt ***); dass diese Wärmeentwicklung grösser ist bei weichem, als bei hartem Eisen, haben wir Gelegenheit gehabt zu finden; desgleichen dass bisweilen sich Licht entwickelte. Erleidet das Eisen, durch Strecken oder endliches Abreißen, eine bedeutende Veränderung in seiner Dichtigkeit (*gravitas specifica*)?

Um diese Fragen zu beantworten, wurden unter faserigen Eisenstücken das härteste und weichste, die vorkamen, ausgewählt. Die Tafel X. Fig. 9. stellt die Gestalt dieser Eisenstücke nach dem Zerreißen vor. Bei Nro. *A* und *B* sind zwei Stellen bezeichnet, wo der Querschnitt 1 engl. Quadratzoll war nach dem Strecken so wie vor dem Strecken. Eben so bei *C* und *D* in Nro. 13; denn in diesen Stellen hatte das Eisen durch das Strecken und Zerreißen keine Veränderung erlitten. Um den Theilen des Eisens keine Verrückung zu erthei-

*) Ueber die Zeitbestimmung bei diesen Versuchen und den Ort des Zerreißens sind nur wenige Andeutungen da.
Der Uebers.

**) Diese Abhängigkeit giebt auch den Grund an, warum eine Eisenstange, die bei 18 Tonnen Zuggewicht sich anfang zu strecken, und im äussersten bei 20, 22, 26 Tonnen weicht, gleichwohl bei geringerem Querschnitt 28 Tonnen trägt, und erst bei 29 oder 30 reißt. Die Verschiebbarkeit nimmt ab, und endlich musste selbst die Cohäsion überwunden werden!

***) Herr TELFORD sagt (BARLOW a. a. O. pag. 231.). It is a curious fact, and deserving the attention of Philosophers, that frequently at the moment of rupture, the bar acquires such a degree of heat in the fractured part, as scarcely to enable a person to hold it grasped in his hand, without a painful sensation of burning (Es ist ein curioses, die Aufmerksamkeit der Philosophen verdienendes Factum, dass häufig im Moment des Zerreißens die Eisenstange in dem zerrissenen Theil solch einen Grad von Hitze erhält, dass kaum eine Person im Stande ist, sie, ohne ein schmerzliches Gefühl von Brennen, in der Hand zu halten. Der Uebers.).

len, wurde das Eisen abgesägt, und Platten von derselben Breite, wie der Querschnitt der Eisenstangen, und $\frac{1}{4}$ Zoll dick, wurden sonach ausgezogen bei *A, B, C* und *D*; sie wurden bezeichnet, nämlich *A* mit 2, *B* mit 4, *C* mit 3, *D* mit 1 Punkt. Die zerrissenen Enden sägte man so nahe als möglich an der Grenze ab, mit der Bedingung, dass das abgesägte Stück an der Sägfläche ganz bleiben sollte; denn die Fasern dieses Eisens waren höchst ungleich abgeschlitzt, desswegen hatte die Bruchfläche ein zackiges Ansehen. Das Ende *a* wurde bezeichnet wie *A*, *b* wie *B* u. s. w. Zunächst diesen Endstücken wurden bei *a* in Nro. 4 und bei *c* und *d* in Nro. 13. Platten von $\frac{1}{4}$ Zoll Dicke abgesägt. — Die abgerissenen Fasern in den Platten *c* und *d* fanden sich von zweierlei Art; ungefähr $\frac{1}{5}$ der ganzen Oberfläche hatte eine feinere (härtere) Faser, der aus Nro. 4 ähnlich. Setzt man die absolute Stärke der feinern Faser 19 Tonnen auf 1 engl. Quadratzoll, und der härtern 28, so erhält man $\frac{4}{5} \cdot 19 + \frac{1}{5} \cdot 28 = 20 \frac{4}{5}$, welches genau mit dem Versuch *) übereinstimmt. Das Eisen Nro. 13. war also nicht durchaus von der weichsten Art. Der weiche Theil von der zackigen Bruchfläche des Eisens war gerostet **). Er musste desswegen mit Salzsäure gewaschen und mit kohlensaurem Kali unter der Luftpumpe getrocknet werden, um dem Wiederkehren des Rostens bei derselben Trockenheit zuvorzukommen. — Das Wasser wurde unter der Luftpumpe mit den Eisenstücken in Berührung gebracht. Man war nicht der Ansicht, dass es verdiente, die Lufttemperatur und Barometerhöhe aufzuzeichnen. Des Wassers Temperatur wurde aufgezeichnet ***).

Die Platte <i>A</i> wog in der Luft	36,7765
Als die Platte weggenommen worden, hatte die Justirung der Wage eine Verrückung erlitten	0,0005
	36,7760
Die Platte <i>A</i> wog im Wasser von 15° Temperatur	32,0760
Die Justirung der Wage nach dem Schluss der Abwägung verrückt um	0,0010
	32,0770

*) In der Tafel Nro. 4. und Nro. 13.

Der Uebers.

**) Diese Versuche wurden 1826 im April bei Herrn BERZELIUS angestellt, welcher die ihm angewohnte Güte hatte, seinen Rath und seine Instrumente benützen zu lassen. Der Verfasser erkennt dabei recht tief auch die Verbindlichkeit, Herrn BERZELIUS Beitritt nicht fruchtlos für die Wissenschaften angewendet zu lassen.

***) Der hier vorkommende Thermometer ist nach CELSIUS, oder vielmehr der schwedische, 100gradige. Siehe Kön. Wiss. Abh. 1742. pag. 179. u. 1749. pag. 173.

Also Gewicht des Wassers bei 15° Wärme 4,6990

Demnach der Platte eigenthümliches Gewicht 7,8263

gewiss bis auf die dritte Decimale. Die übrigen Resultate ergeben sich aus folgender Tabelle.

T a b e l l e

über das eigenthümliche Gewicht verschiedener Stücke aus den zerrissenen Eisenstangen Nro. 4. und Nro. 13.

Nummer der Eisenstange.	Stelle des Stücks in der Stange.	Temperatur des Wassers.	Eigenthümli- ches Gewicht.
4, das eine Ende	<i>A</i> , ungestreckt	15°	7,8263
» » »	<i>g</i> , Zwischenstück	16	7,8010
» » »	<i>a</i> , Bruchstück	16 1/2	7,7825
4, das andere Ende	<i>B</i> , ungestreckt	14	7,8113
» » »	<i>b</i> , Bruchstück	16 1/2	7,7849
13, das eine Ende	<i>C</i> , ungestreckt	13 1/2	7,8329
» » »	<i>e</i> , Zwischenstück	16 1/4	7,7477
» » »	<i>c</i> , Bruchstück	16 1/2	7,7690
13, das andere Ende	<i>D</i> , ungestreckt	15 1/2	7,8146
» » »	<i>f</i> , Zwischenstück	16	7,7479
» » »	<i>d</i> , Bruchstück	16 1/2	7,7746

Alle diese Abwägungen stimmen darin überein, dass das Volumen des Eisens an der Rissfläche, oder zunächst daran, grösser ist, d. h. das eigenthümliche Gewicht geringer, als für dasselbe Eisenstück im ungestreckten Zustande; aber dass diese Vermehrung des Volumens kein $\frac{1}{100}$ betrage. Dasselbe gilt vom Mittelstück. Daraus folgt deutlich, dass die zackige Oberfläche des Bruchstücks die Luft nicht hinderte zu entweichen, sondern dass im Gegentheil ein vollkommener Contact statt fand, auch zwischen dieser Fläche und dem Wasser. Das eigenthümliche Gewicht des Zwischenstücks aus einem Ende der Stange Nro. 4. ist grösser als die des Bruchstücks; aber in beiden Enden der Stange Nro. 13. ist

das eigenthümliche Gewicht der Bruchstücke grösser als das der Zwischenstücke. Dieses Verhalten kann schwerlich zufällig seyn, sondern ist wahrscheinlich eine Folge von der Richtung der streckenden Kraft, nach welcher im Augenblick des Zerreißens die Fasern gespannt werden. Es möge xy in Taf. X. Fig. 10. die Kernlinie einer zerreißenden Stange vorstellen, und die krumme Linie $Ag a$ die Biegung der Fläche. Jede Faser innerhalb des Eisens mn , muss einige Neigung gegen die Kernlinie haben, sonst könnte die Fläche nicht eine Zusammenziehung zeigen. Diese Neigung sey mno , so dass on parallel mit xy ist. Die Kraft, wodurch die Faser mn in n zerrissen wird, pflanzt sich längs der Stange fort, und zuletzt von m nach n . Zerlegt man diese Kraft nach mo und on , so enthält sie offenbar einen Theil mo , der einen ihm entsprechenden, nach entgegengesetzter Richtung, auf der andern Seite der Kernlinie hat. Zwischen g und a hat demnach eine Spannung statt, welche das Eisen, rechtwinklich der Kernlinie, auszudehnen strebt. Diese Kraft müsste, als abhängig von der Neigung der Tangente an die krumme Linie der Zusammenziehung, von g bis a variiren; und die ganze Volums-Zunahme des Zwischenstücks $gag'a'$ beruht nicht bloß auf der Integral aller Kräfte mo , sondern auch auf des Eisens specifischer Verschiebbarkeit, welche in der transversalen Richtung keine Aenderung erlitten haben dürfte. Hierin scheint nicht bloß die Ursache zur Volums-Vermehrung zu liegen, sondern auch zu folgen, dass selbst der Belauf der Volums-Vermehrung von der Stelle abhängt, wo das Entzweisägen zwischen dem Bruchstück und dem Mittelstück geschah.

Das eigenthümliche Gewicht des härtern Eisens vor der Streckung war im Mittel 7,8188, des weichern 7,8237. Eine ungleiche Dichtigkeit (*gravitas specifica*) ist demnach nicht die Ursache von der ungleichen Stärke des Eisens.

Das eigenthümliche Gewicht des härtern Eisens nach dem Zerreißen, d. h. in den Bruchstücken, war im Mittel 7,7837, des weichern 7,7718. Hier findet sich also ein bedeutender Unterschied zwischen dem eigenthümlichen Gewicht der zerreißenden Fibern des harten und weichen Eisens: um so bestimmter, da das eigenthümliche Gewicht des harten Eisens im ungestreckten Zustande, kleiner war, aber im zerrissenen Zustande grösser als des weichen Eisens. Eben dieser Umstand scheint auch Grund in der ungleichen Neigung der krummen Linie gegen die Kernlinie zu haben, welche die in gleichem Abstand von der Kernlinie liegenden Fasern (Fibern) des harten und weichen Eisens bei der Verschiebung haben, wodurch die Zerreißung herbeigeführt wird.

Dichtheit und Schmiedbarkeit des gewalzten Eisens.

§. 14. Wir haben nunmehr gefunden, dass keine ungleiche Dichtigkeit (gravitas specifica) dem harten und weichen Eisen zukommt. Es giebt aber noch eine andere Dichtigkeit (Dichtheit, Continuität, Dichtheit des Zusammenhangs) beim Eisen, ohne welche es keine zusammenhängende Masse ausmacht. Ob man gleich dem Eisen diese Art Dichtheit nicht als eine Eigenschaft beilegen kann, — da sie bei jedem Eisen vorausgesetzt werden muss — welche mit Sicherheit sich anwenden liesse, wo Stärke mit Leichtigkeit vereint seyn sollte, oder wo eine fehlerfreie Oberfläche erfordert wird; so ist es gleichwohl eine Wahrheit, dass das schwedische Stangeneisen oft mit Undichtheiten behaftet ist (deutlich im innern, oft ausserhalb), daher es von der grössten Wichtigkeit ist, den Einfluss einer oder der andern Streckungsweise in dieser Hinsicht zu kennen. Aus dieser Ursache wurde gewalztes schwedisches Eisen gleich nach seiner Ankunft in Stockholm an Herrn ROTHOFF gesandt, welcher in folgendem Aufsatz geneigt mittheilte, was er in dieser Hinsicht gefunden hatte.

«Auf dem Heerd geschmolzenes Eisen von Bofors, in England zu gröbern
«oder feinem Stangen ausgewalzt, wurde im Herbst 1825 und später in Eskilstuna
«einer Schmiedungsprobe unterworfen; dazu wurden theils 1 Quadratzoll vier-
«kantige, theils feinere vierkantige, auch von runder Dimension verwandt. Vermit-
«telst Umstreckens zu feinerer und allerfeinster Dimension — mit dem schweren
«Streckhammer in schnellem Gang — erhielt man die grösste Dünnhheit; samt
«schmalen, gleichen (im innern gleichartigen) vierkantigen von vollkommener
«Dichtheit (ohne Blätterigkeit), wovon eine Probe der Bergwerkssocietät 1826 vor-
«gelegt wurde. Mehrere Arten Handschmieden, und sonderlich von schwerer Be-
«schaffenheit, wurden aus diesem Eisen ohne die mindeste Schwierigkeit oder Feh-
«ler bereitet; und mehrere Proben davon wurden zur Härtung eingesetzt, polirt,
«und nahmen eine so vollkommen reine Fläche an, als das Eisen annimmt. Die-
«ses alles fand, sowohl bei dem aus den Schmelzstücken ausgewalzten, als dem
«unter dem Hammer geschweissten und sodann gewalzten Eisen statt, ohne dass
«irgend ein ungleicher Grad oder Unterschied in dessen wirklich ungewöhnlicher
«Güte bemerkbar war.»

Versuche zu Eskilstuna über die Stärke des gewalzten und geschmiedeten schwedischen und englischen Eisens.

§. 15. Ehe die Versuche, welche den Hauptgegenstand dieser Schrift ausmachen, angefangen wurden, suchte Herr ROTHOFF, unter dem Beitritt des Herrn CARELL, gleichfalls in Eskilstuna die absolute Stärke des gewalzten und geschmiedeten schwedischen und englischen Eisens, wozu noch Eisen von dem Werke zu Tunafors bei Eskilstuna kam, zu bestimmen. Die Vorrichtung, deren sich Herr ROTHOFF bediente, ist auf der Taf. X. Fig. 11. vorgestellt. KLM ist ein eiserner Haken, an einem Ende in einem Berg befestigt; AB ein Stock, an welchem eine starke eiserne Schiene mit 3 eisernen Bändern befestigt war. Dieser Stock lag über einer spitzigen Stütze H , welche die Eisenschiene DE in I berührte. In der Eisenschiene DE war ein Loch, und in dem eisernen Haken KLM ein dergleichen bei b , durch dieses Loch trat die zu untersuchende Eisenstange, und wurde in a und b mit eisernen Scheibchen befestigt. Die Taf. X. Fig. 12 stellt ein solches vor AB im Grundriss, ab im Durchschnitt: woraus erhellt, wie das Ende der gestauchten Stange durch den obern rechtwinkeligen Theil m der Oeffnung durchgeführt, und dem untern quadratischen n befestigt werden konnte. Um das Moment des Stocks zu bestimmen, wurde er über der Stütze H ins Gleichgewicht gestellt, welches an der Stelle C statt fand. Sodann wurde die Stütze nach N gerückt, mitten zwischen C und G , und der Stock kam ins Gleichgewicht mit 27 Lb Vict.-Gewicht, welches demnach das ganze Gewicht des Stocks ausdrückt. Bei G wurde oben auf den Stock ein Brett genagelt, auf welches die Gewichte gelegt wurden, wodurch die Eisenstangen zerrissen werden sollten. Der Abstand von E nach a war 2, EC $7\frac{1}{12}$, und EG 22 Fuss. Wenn nun P das Gewicht ist, das bei G aufgesetzt wird, und K die Kraft, welche die zwischen b und a sitzende Eisenstange spannt, so hat man

$$K = 27 \cdot \frac{7\frac{1}{12}}{2} + P \cdot \frac{22}{2}.$$

Es wurden nur 2 Dimensionen untersucht, nämlich rundes Eisen von $\frac{1}{2}$ Zoll (engl. Maass) im Durchmesser und $\frac{1}{2}$ Zoll Quadratdurchschnitt. Um stärkere Dimensionen zu zerreißen, hatte man nicht hinlängliche Kraft, wesswegen diese gewählt wurden, und wonach die geschmiedeten so genau als möglich gerichtet wurden. Nachfolgende Tabelle giebt die Resultate an. Die vorletzte Ko-

lonne enthält die zerreissende Kraft, nach Vict.-Gewicht, in Schiffstb, berechnet auf eine schwedische Quadratdecimallinie.

T a b e l l e *)

über die von Herrn ROTHOFF und CARELL in Eskilstuna angestellten Versuche über die absolute Stärke gewalzten und geschmiedeten Eisens.

Nummer.	Querschnitt.	Eisenarten.	P.	K.	Zerreissende Kraft.	
1	○	{ Schwedisch Eisen gewalzt aus den Schmelzstücken von Bofors }	45	597	2,08	25,44
2	○		44	586	2,04	24,97
1) 3	○	Schw. geschmiedet aus einer 2 Zoll Quadratstange von Bofors	30 $\frac{3}{4}$	441	1,53	18,79
4	○	Englisch, best Cable bolt	42 $\frac{3}{4}$	573	1,99	24,42
5	○	ebenso	45 $\frac{3}{4}$	604	2,10	25,74
2) 6	○	Schw. geschm. aus Eisen v. Tunaforss	37	509	1,77	21,69
3) 7	○	ebenso	33	465	1,62	19,82
4) 8	○	Schw., geschmiedet a. d. Schmelz- stücken x, y, z, von Bofors	40	542	1,89	23,10
9	□	Schw., gewalzt a. 2 Zoll Quadrat.	45	597	1,63	20,01
10	□	Schw., gewalzt aus 3 Zoll Quadrat.	49	641	1,75	21,49
11	□	Engl., bestes aus Tredegar in Wales	52 $\frac{1}{2}$	680	1,86	22,80
12	□	Schw., geschmiedet aus x, y, z	57	729	1,99	24,44
13	□	Schw., geschmiedet a. d. unbezeich- neten Schmelzstücken von Bofors	54	696	1,90	23,33
14	○	Schw., geschm. aus Tunaforss	37	509	1,77	21,69
15	○	ebenso	37	509	1,77	21,69
16	○	Schw., gewalzt aus 3 Zoll Quadrat.	44 $\frac{1}{2}$	592	2,06	25,23
17	□	Schw., geschm. a. Eisen v. Tunaforss	49	641	1,75	21,49
18	□	ebenso	51 $\frac{1}{2}$	669	1,83	22,43

*) P und K sind in Lb Vict.-Gew. angegeben, die zerreissende Kraft für $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, oder Quadratseite; die letzte Kolonne die Reduktion auf 1 engl. Quadratzoll, in Tonnen, zur Vergleichung mit der Tabelle zu §. 11. 12.

1) Zerriss in einem Blättchen. 2) Zerriss im Stauchen mit einem Krach, das Eisen hatte gewundene Fasern, mit Oeffnungen dazwischen. 3) Wie Nro. 6. 4) Ist eines von denen, welche zu Bofors im Sept. 1824 gestreckt wurden. Siehe §. 7.

Daraus findet man, wenn das Mittel aus der absoluten Stärke des Eisens bei der angenommenen Flächeneinheit gesetzt wird, für folgende Eisenarten

Englisches Eisen zerreisst bei	1,98	24,4
Schwedisches gewalztes zerreisst bei	1,91	23,3
Schwedisches geschmiedetes von Bofors zerreisst bei	1,83	22,4
„ „ „ „ „ Tunafor zerreisst bei	1,75	21,5

Ein Resultat, das durch das bekräftigt wird, was wir oben gefunden, nämlich, dass das gewalzte Eisen von Bofors stärker ist als das geschmiedete. — Man sieht weiter aus der Tabelle, dass das Cable bolt das stärkste war, und schwedisches geschmiedetes Eisen am schwächsten, und dass das gewalzte runde Eisen bedeutend stärker ist als das vierkantige, aber das entgegengesetzte bei dem geschmiedeten statt findet. — Nimmt man die zwei geschmiedeten Stangen, welche in Blätter zerrissen, aus, so ist Nro. 9. das schwächste Eisen. Diese Stange war von gewalztem schwedischem Eisen aus Bofors. Demnach, wenn man das Blätterige vermeiden könnte, so hätte das gewalzte Eisen von Bofors, verglichen mit dem geschmiedeten, sowohl das stärkste als auch weichste Eisen gegeben; wiederum eine neue Bekräftigung von dem, was wir im §. 12. gefunden haben. — Dass das gewalzte schwedische Eisen nicht blätterig ist, aber das geschmiedete in dieser Beziehung nicht sicher, ist dagegen ein Resultat, welches wir hier zuerst fanden. Das Gewicht dieser Anmerkung zu bestimmen, überlassen wir dem ungekünstelten Urtheil; wir brauchen es nicht vor den Richterstuhl *) der Wissenschaft zu stellen. Im Folgenden, bei den eigentlichen Versuchen, wird sich eine neue Bekräftigung dazu finden.

Gerben mittelst des Walzens, und Strecken von Probstücken geschmiedeten Eisens.

§. 16. Die Ungleichheit in des harten und weichen schwedischen Eisens absoluter Stärke führt natürlich zu der Bemerkung, dass das gewalzte Eisen, welches einen höhern Grad von Festigkeit zeigte als das geschmiedete, möglicher-

*) Die Schriftsteller haben nicht unbemerkt gelassen, dass sich Blätter im schwedischen Stangeneisen befinden, wenn es geschmiedet ist. In der Table of experiments on the direct cohesion of metals, die sich in BUCHANANS practical Essays' on Millwork, findet, gilt diese Bemerkung bloß dem schwedischen Eisen.

weise aus einem an und für sich selbst festeren Zeug bereitet worden sey, als die untersuchten geschmiedeten Stangen, wonach das Resultat, welches die Versuche gaben und geben konnten, sofort der Möglichkeit eines zufälligen Eintreffens unterworfen wären. Um uns gegen die Verwirrung, die hieraus fließen könnte, zu schützen, ward die Art der Verarbeitung beim Bereiten des Zeugs zum Walzen (§. 7. pag. 12.) unverändert beibehalten, und einige Stücke von der wöchentlichen Schmiedearbeit wurden, ohne Auswahl, genommen, um unter dem Hammer gestreckt zu werden. Die in London ausgeschmiedeten und probirten 2 Zoll Quadratstangen wurden ohne Auswahl aus der Menge genommen; und endlich ward eine an beiden Enden einigermaßen gleichartige 2 Zoll Quadratstange ausgewählt, welche halb geschmiedet und halb gewalzt wurde (s. §. 10.). Bei solchem Maass von Vorsicht dürfte es wohl scheinen, als könnte die Menge von Versuchen ein entscheidendes Resultat geben. Aber um uns einer klaren und von diesem Einwurf vollkommen freien Uebersicht des Gegenstandes zu versichern, gab es noch den Ausweg, das auf dem Heerd geschmolzene schwedische Eisen zu gerben, und sodann den einen Theil zu schmieden und den andern zu walzen. Herr HOWARD ist auch hierin unsern Wünschen entgegen gekommen. Drei $1\frac{7}{8}$ Zoll Quadratstangen (s. §. 7.) wurden zu ungefähr $2\frac{1}{2}$ Zoll platt gewalzt, jede Stange wurde in 5 Theile zerhauen, für sich zusammengegerbt zwischen den Walzen, dort zu 2 Zoll Quadratstangen mit abgeplatteten Kanten gewalzt und bezeichnet. Die daraus erhaltenen 3 Quadratstangen wurden jede in 3 gleiche Theile getheilt, und das Mittelstück zu $\frac{1}{2}$ Zoll Quadratstange englisch Maass ausgewalzt.

Jede gewalzte Stange wurde mit derselben Marke bezeichnet, wie die 2 Endstücke, welche in einer und derselben gegerbten Stange an dem gewalzten Zeuge sassen. Nachdem dieses gegerbte Eisen, bestehend aus drei gewalzten Stangen, von $\frac{1}{2}$ Zoll Quadrat, und sechs kurzen 2 Zoll Quadratstangen, in Stockholm angekommen waren, wurden die zwei mit eins bezeichneten Endstücke nach Eskilstuna geschickt, woselbst Herr ROTHOFF sie zu 3 Stangen (in Summa 6) strecken liess, welche besonders an beiden Enden bezeichnet wurden. Die 2 mit zwei bezeichneten, gegerbten und ungestreckten Endstücke, samt den 2 mit drei bezeichneten, wurden nach Skultuna geschickt, wo dieselben, mit gleicher Gewogenheit, zu $\frac{1}{2}$ Zoll Quadratstangen gestreckt wurden. Da es sich hierbei, ungeachtet der gegebenen Vorschrift, traf, dass die gestreckten Quadratstangen, anstatt

in ihrer geraden Länge abgesandt zu werden, gebogen wurden, um in eine kürzere Lade gepackt zu werden: waren wir genöthigt, sie wieder gerade zu strecken, zu welchem Zweck sie aufs neue aufgewärmt werden mussten. Daraus folgte eine grössere Ungleichheit unter diesen Stangen, sie veranlasste sofort andere Zurichtungen für die Bestimmung der Dimensionen, welche hiebei folgen.

Die aus der wöchentlichen Schmiedearbeit, aus dem Werke zu Bofors, für die Walzmänner ausgenommenen Probstücke (s. §. 7.) wurden zu Eskilstuna (im April 1826), unter der Aufsicht der Herren ROTHOFF und CARELL, auf nachfolgende Weise ausgewalzt. Sie theilten nachstehenden Aufsatz gewogen mit.

Es waren 4 Probestücke:

- A) Eine 2 Zoll Quadratstange, mit dem Stempel von Bofors und der Nummer 3 bezeichnet, wurde in dem Eisenhammer zu Tunafors (bei Eskilstuna) zu einer 1 Zoll Quadratstange ausgeschmiedet. Die Stange hatte einen Bruch an einem Ende, und wurde danach abgehauen. Das übrige wurde in 3 Stücke zerhauen, aus welchen 3 runde $\frac{1}{2}$ Zoll Stangen unter einem besonders hergerichteten Streckhammer gestreckt wurden. Das vierte Stück, in welchem der Bruch war, wurde abermals verschweisst und zu einer $\frac{1}{2}$ Zoll Quadratstange gestreckt; alles in englischem Maass. Diese 4 Stangen wurden bezeichnet mit 3 *E* und der Nummer 3.
- B) Eine $1\frac{7}{8}$ Zoll Quadratstange, mit *C* und Nummer 4 bezeichnet, wurde in Tunafors zu einer 1 Zoll Quadratstange verschmiedet. Die Stange wurde $1\frac{1}{2}$ Fuss vom Ende abgehauen, und aus diesem Stück eine runde $\frac{1}{2}$ Zoll Stange geschmiedet. Das übrige wurde zu vier $\frac{1}{2}$ Zoll Quadratstangen ausgeschmiedet. Alle fünf wurden mit 4 *E* und der Nummer 4 bezeichnet.
- C) Ein Schmelzstück, mit *x, y, z* bezeichnet, wurde unter dem Stangeneisenhammer zu 1 Zoll Quadratstange ausgeschmiedet. Die Stange wurde in der Mitte entzweigehauen, aus dem einen Theil wurden 3 runde $\frac{1}{2}$ Zoll Stangen, und aus dem andern drei $\frac{1}{2}$ Zoll Quadratstangen gestreckt, nach englischem Maass. Alle 6 Stangen wurden mit einem *E* und der Nummer 1 bezeichnet.
- D) Ein unbezeichnetes Schmelzstück wurde unter dem Eisenhammer zu einer 1 Zoll Quadratstange verschmiedet. Die Stange wurde in der Mitte entzweigehauen. Aus dem einen Theil wurden vier $\frac{1}{2}$ Zoll Rundstangen, und aus dem andern drei $\frac{1}{2}$ Zoll Quadratstangen ausgeschmiedet. Diese 7 Stangen wurden mit 2 *E* und der Nummer 2, 2 bezeichnet.

Um die Eigenschaften des Eisens zu untersuchen, welche den Ausrundungen der Schmelzung zukommen, wurden einige Kantenstücke zu Bofors unter dem Stangeneisenhammer gegerbt, und zu 1 Zoll Quadratstangen verschmiedet. Dasselbe geschah auch im Werke zu Norn, dem Freiherrn MANNERHEIM gehörig*). Diese Quadratstangen wurden dann an mehreren Stellen zu $\frac{1}{2}$ Zoll Quadratdurchschnitt mit der Hand verarbeitet, worüber das Nähere aus der Beschreibung der Versuche selbst erhellen wird. In dem Werke zu Sura, Herrn ADLERWALD zugehörig, wurde gleichfalls Stangeneisen unter dem Stangeneisenhammer gegerbt, sodann zu $\frac{1}{2}$ Zoll Quadratstangen gestreckt, und den Versuchen in Beziehung auf Streckung und absolute Stärke unterworfen. Das Eisen von Bofors war aus den Erzen von Dalkarlsberg, das von Norn, Bispberg und Sura aus den Erzen von Norberg.

Nachdem wir auf diese Weise die Untersuchungen und wesentlichen Ausführungen, welche die Versuche — die eigentlich den Gegenstand dieser Schrift ausmachen — vorbereiteten, entwickelt haben; so kommen wir nun zu der Darlegung und Prüfung der Mittel, deren wir uns bedienten, so wie auch zu der Darstellung der Weise für die Versuche, wodurch die Grenzen sich bestimmen lassen, innerhalb welcher dieselben eine uneingeschränkte Beweiskraft besitzen.

*) Das eine, 1 Zoll, war vom Zwischenstücke, ungegerbt; das andere $\frac{3}{4}$ Zoll, vom Kantenstücke, gegerbt. Das Erz von Bispberg machte über $\frac{5}{6}$ des ganzen Satzes aus.

VORRICHTUNGEN

Z U D E N V E R S U C H E N .

E i n h e i t e n .

§. 17. Als Einheit für das Längenmaass wurde die schwedische Decimallinie gewählt.

Um eine hinlänglich lange und vollkommen gerade Skala zu erhalten, wurden 2 Eisenstangen, von 2 Zoll Quadrat im Durchschnitt, an einander hin und her geführt, zuerst ohne Zwischenmittel zum Gleiten, sodann mit Schmirgel. So wurden dieselben auf mehreren Seiten ebengeschliffen, dass man gerade Kanten erhalten konnte. Dabei war jedoch, wegen der Ungleichheit des Eisens, die grösste Aufmerksamkeit erforderlich. Die am meisten ebene Fläche wurde ausgewählt, und darauf eine, der geradesten Kante parallele, Linie mit dem Reisszeug gezogen, welche der Instrumentenmacher COLLIN in 6 Fuss eintheilte. Zu beiden Seiten des äussersten Theilstrichs wurden 5 Linienstriche aufgetragen. Unsere Absicht dabei war, dass diese verzeichneten Abstände ziemlich nahe den schwedischen Fuss und die schwedische Decimallinie fassen möchten; jedoch sollte die Länge dieser Abtheilungen mit der äussersten Genauigkeit gemessen werden. Inzwischen hatten wir auf diese Weise eine Skala erhalten, welche die Länge, nach welcher alle Stangen gradirt wurden (600 Decimallin.), und selbst die Variationen dieser Länge, welche die Spannkraft der Stangen zulassen könnte, in sich fasste. Herr CRONSTRAND *), welcher, wie wir schon berichtet haben, die Art vorschlug, welche wir bei der Untersuchung der Spannkraft des Eisens in geradlinigter Verlängerung (Dehnung) befolgten, unterzog sich gefällig der Vergleichung dieser und der DOLLONDSchen Skala; der letztern hatten sich SVANBERG und CRONSTRAND bei Bestimmung der Sekundenpendels-Länge bedient **).

*) Astronom der Königl. Academie der Wissenschaften.

**) Nach den Abhandlungen der K. Acad. d. Wiss. 1825. Heft I. S. 95. hat Herr KATER die DOLLONDSche Skala unmittelbar mit der Kaiserl. Parlaments-Grundelle bei $+ 16^{\circ},67$ verglichen, er fand, dass 39,4 Zoll derselben = 39,39931 Zoll des Kaiserl. Grundmaasses betragen.

Bei dieser Vergleichung gebrauchte Herr CRONSTRAND denselben mikrometrischen Stangenzirkel, wie bei den Pendulversuchen; seine Mikrometerschraube war also nach der Weite eines Schraubengangs schon bestimmt. Wir führen daraus blos das von Herrn CRONSTRAND mitgetheilte Ergebniss an, dessen Zuverlässigkeitsgrad man leicht aus den bereits öffentlich mitgetheilten Pendulversuchen herleiten kann.

In der Tafel X. stellt Fig. 13. den Mittelstrich auf der Skala, deren wir uns bedienten, vor; Fig. 14. das eine Ende derselben, nach Linien eingetheilt, in natürlicher Grösse. Herr CRONSTRAND fand (Fig. 13.) unter der mittleren Temperatur + 14,08 Abstand zwischen 0 und 2 = 23,368908 } Zolle, der
 „ „ + 13,10 „ „ 2 „ 4 = 23,368873 } DOLLOND-
 „ „ + 14,28 „ „ 4 „ 6 = 23,369150 } schen Skala.

Um diese Messungen auf einerlei Temperatur zu bringen, muss eine Correction angebracht werden. Nach LA PLACE und LAVOISIER *) ist die Ausdehnung des Eisens für einen Thermometer-Grad $\frac{1}{81937}$; für DOLLONDS Skala von Messing ist dieselbe Ausdehnung $\frac{1}{53513}$ **); ihre Normal-Temperatur ist aber + 16°,67, daraus ergibt sich die Gleichung

$$x + \frac{t}{81947} x = a + \frac{t - 16,67}{53216} a$$

worin x die Länge einer Abtheilung auf der eisernen Skala beim Gefrierpunkt Fig. 13., und a die Länge derselben Abtheilung auf der DOLLONDSchen (messingnen) Skala, bei der Temperatur von t Graden, bedeutet, daraus ergibt sich die Correction (nähernd)

$$= 0,00043913 (t - 16,67) - 0,00028522$$

und folgende Abstände für die Temperatur Null

$$\text{Abstand zwischen 0 und 2} = 23,363755 \text{ Zoll.}$$

$$\text{„ „ 2 „ 4} = 23,363556 \text{ „}$$

$$\text{„ „ 4 „ 6} = 23,364027. \text{ „}$$

Nun ist, gemäss den Messungen der Herren SVANBERG und CRONSTRAND ***), solch ein Zoll bei der Temperatur Null = 8,554963 schwed. Decimallinien, also

*) Traité de physique expérimentale par Biot. Theil I. pag. 158.

**) Die Herren LA PLACE und LAVOISIER fanden im Jahr 1782 die Ausdehnung des Messings den 26.

April = $\frac{1}{53513}$ und den 11. Juli $\frac{1}{52918}$.

***) A. a. O. S. 97.

nach unserer Einheit; demnach wird die Länge unserer Skala bei Nullgrad = 599,629, und bei + 20 Grad = 599,775, und bei jeder andern beliebigen Temperatur von t Grad = $599,6290 + 0,0073187 t$. Sowohl bei dieser Messung, als da Herr CRONSTRAND das Maass der Linien-Abtheilungen, Fig. 14., bestimmte, war die Linie $x y$ unter dem Richthaar im Mikroskop. Folgende Tafel enthält das Ergebniss dieser Messung.

T a f e l

über die Länge der Theile des, bei den Versuchen angewandten, Maassstabes bei verschiedenen Temperaturen.

Theile.	Länge in schwed. Dec. Lin. bei	
	0°	+ 20°
0 — 1	1,0448	1,04504
1 — 2	0,9989	0,99914
2 — 3	1,0076	1,00784
3 — 4	0,9981	0,99834
4 — 5	0,9653	0,96554
5 — 6	1,0370	1,03724
6 — 7	0,9920	0,99224
7 — 8	0,9996	0,99984
8 — 9	0,9900	0,99024
9 — 10	0,9815	0,98174

Für jeden einzelnen Grad des Thermometers ist die Correction = 0,000012.

Das Verhältniss zwischen dem schwedischen, französischen und englischen Längenmaass ist durch die Herren SVANBERG und CRONSTRAND also bestimmt:

Ein Zoll Parliament Grundmaass = 0,85551125 schwed. Dec. Zoll.

Ein Fathom Parl. Grundmaass = 1,0266135 Famn (Klafter).

Französische Toise von Peru = 1,0941287 Famn.

Der Meter = 33,682133 Dec. Zoll.

Gemäss dem von EKSTRÖM gefundenen Verhältniss, das sich auf den von ihm gemessenen schwedischen Fuss gründet, ist ein

Fathom Parlam. Grundm. = 1,0265866 Faden.

Franz. Toise von Peru = 1,0941 »

Der Meter = 33,681256 Dec. Zoll.

§. 18. Als Einheit des Gewichts wurde das schwedische Schiffß Vict-Gewicht gewählt. Eine grössere Genauigkeit, als die im Umlauf befindlichen gestempelten Gewichte haben, hielten wir für überflüssig.

Die Direction der Münze gewährte uns eine erwünschte Benutzung grosser Münzwagen für alle Abwägungen; sie hatten eine mehr als nöthige Genauigkeit. Bei der Reduction des Münzgewichts auf Vict.-Gewicht bedienten wir uns des Verhältnisses zwischen den Lothen wie 548:553.

Nach BERCHS Angabe ist ein englisches Troy

Pfund = $7766\frac{1}{8}$ Ass; und nach BIOT

= 372965 Milligramme.

Nimmt man ein Mittel zwischen BERCH'S und KRUSENS Angaben von dem Werth eines französischen Livre poids de marc, nämlich 10190,688 Ass; so wird ein Kilogramme = 2,352884 ß Vict.-Gewicht. — Eine englische Tonne ist dergestalt = 5,97342 Schiffß Vict.-Gewicht = 7,46678 Stapelgewicht.

§. 19. Zur Bestimmung des Wärmegrades haben wir zwei Thermometer nach CELSIUS Eintheilung, d. h. 100gradige, von Herrn CETTI gefertigt, ausgewählt und gebraucht. Mit Herrn BERZELIUS Thermometer verglichen, zeigten sie folgendes Verhalten:

Hrn. BERZELIUS Thermometer.	CETTI'S	
	ohne Messing-Skala.	mit
+ 15 $\frac{1}{4}$	+	+ 15
15 $\frac{1}{2}$	+ 15 $\frac{1}{2}$	
16 $\frac{1}{8}$	16	16 +
28 $\frac{1}{8}$		28
28 $\frac{3}{4}$	29	
42 $\frac{1}{4}$	41	
41 $\frac{3}{4}$		41 $\frac{1}{2}$
41 $\frac{1}{8}$		41

Demzufolge hielten wir sie für zureichend genau.

Zur Bestimmung der Zeit haben wir 2 Chronometer uns bedient. Der eine, Herrn HJELM zugehörig und von BARRAUD gefertigt, ging täglich 10'',2 zurück. Der andere, dem Königlichen Feldmessungskorps gehörig, ging täglich 6'' zurück. Ohne alle Reduction sind diese Chronometer hinlänglich genau, nämlich zur Zeitbestimmung innerhalb der kurzen Periode, die bei unsern Versuchen vorkommt, und die höchstens 12 Minuten beträgt.

Beschaffenheit der Stangen und Art der Versuche, die Spannkraft betreffend.

§. 20. Um diese Versuche so vollständig und entscheidend als möglich zu machen, musste natürlich das Eisen nach allen seinen Haupteigenschaften untersucht werden. Die Frage: «welches sind die Haupteigenschaften des Stangeneisens,» musste also vor allem beantwortet werden, wenigstens in soweit, als die bis jetzt bekannten Untersuchungen dazu Anleitung geben. Um Weitläufigkeit zu vermeiden, verweisen wir, in diesem Betreff, auf die Stelle *), wo unsere Ansicht über diesen Gegenstand bereits entwickelt worden ist. Demgemäss mussten durch Versuche die absoluten Eigenschaften des Eisens bestimmt werden: Schmiedbarkeit und Dichtheit (Continuität); denn obgleich diese Eigenschaften bei jedem guten Eisen vorausgesetzt werden, so findet man gleichwohl, dass sie bisweilen fehlen, und im Allgemeinen in ungleichen Eisenstangen ungleich sind. Hiernächst die relativen Eigenschaften des Eisens: Spannkraft, Härte, Verschiebbarkeit *) (Ductilität) und Cohäsion (absolute Stärke). Da eine und dieselbe Eisenstange nach allen diesen Hinsichten versucht werden sollte, so war nöthig, danach die Untersuchungen zu ordnen. Die Spannkraft kommt demnach zuerst vor, desswegen müssen die Mittel, deren wir uns zu ihrer Bestimmung bedienten, zuerst nachgewiesen werden.

Die Spannkraft des Eisens wurde auf viererlei Weise untersucht: nämlich 1) durch Biegung; dabei wurden die Stangen auf scharfkantige Stützen wagrecht gelegt und durch Gewichte in der Mitte niedergebogen. 2) Drehung,

*) S. Schweden, a. a. O.

**) Weichheit, Zähheit (Ziehbarkeit? Der Uebers.)

wobei die Stange gleichfalls wagerecht lag, und unverrückt in einer unbeweglichen Docke mit einem Ende befestigt wurde, und mit dem andern Ende in ein bewegliches Rad, welches an seiner Peripherie mit Gewichten beschwert wurde. 3) *Schwingung*; die Stange wurde lotrecht gehalten, das eine Ende in einem Balken befestigt, und das andere mit einem schweren Körper belastet, dessen Trägheitsmoment bestimmt werden konnte; sodann wurde die Stange um ihre Achse gedreht, und fing an zu schwingen. 4) *Dehnung*; die Stange wurde wagerecht in eine feststehende Bank befestigt, und durch hinlängliche und nach Gutdünken anwendbare Kräfte gespannt, während ihre Länge, zwischen gewissen aufgerissenen Linien, genau beobachtet wurde.

Es war natürlich wünschenswerth in Hinsicht der Kosten, der Zeit und des Spielraums, diese Untersuchungen mit der geringsten Anzahl von Einrichtungen bewerkstelligen zu können. Es gelang Herrn HAMMARSCHÖLD, ein einziges Gestell zu bauen, welches zu den 3 ersten Arten für die Untersuchung der Spannkraft benutzt wurde, sowohl in Hinsicht auf das mechanische Maass für diese Kraft, als auf die Grenzen der Vollkommenheit; dann konnte mit der hydromechanischen Maschine — welche Herr BROLING construirte, und wir in der Folge unter dem Namen der FULLERSchen Maschine oder Presse beschreiben werden — nicht blos die Dehnung des Eisens, sondern selbst seine Dichtigkeit, Verschiebbarkeit und Cohäsion untersucht werden. — Die Untersuchungen über die Schmiedbarkeit des Eisens bewerkstelligte Herr ROTHOFF in Eskilstuna. Proben in dieser Hinsicht waren schon vorher von Herrn ROTHOFF angestellt (s. §. 14.); aber es mussten dieselben Stangen in substantia, welche die andern Proben durchgemacht hatten, eben so wie das geschmiedete und das englische Eisen, in Beziehung auf relative Schmiedbarkeit, untersucht werden.

§. 21. Taf. V. Fig. 1. stellt den Biegungs-, Drehungs- und Schwingungs-Stuhl im Grundriss vor; Fig. 2. im Profil von der Seite, mit einer zum Schwingungs-Versuch eingesetzten Stange; Fig. 3. im Profil von einem Ende. Taf. VI. Fig. 1. und 2. stellt Durchschnitte vor, nach der Länge und Quere, bei dem Drehungs-Versuch; und Taf. VII. Fig. 1. 2. bei dem Biegungs-Versuch.

Die Länge der Stange wurde, nach Maassgabe des Spielraums und anderer Umstände, auf 7 Fuss bestimmt, wonach die Dimensionen des Stuhls gerichtet wurden. — Alle gewalzten Stangen, sowohl runde als vierkantige, waren auf

das Genaueste von einer Dimension, nämlich $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser oder Seite, englisches Maass.

Für die Befestigung der Stangen, sowohl bei den Drehungs- und Schwingungs-, als den Dehnungs-, Streckungs- und Zerreißungs-Versuchen, war es nothwendig, sie an den Enden zu stauchen und dabei die dienliche Form zu geben; aber mit der grössten Vorsicht, um sie nicht zu brennen. Die weichsten Eisenstangen wurden in der Presse, unter den Streckungs-Versuchen so stark verlängert, dass die Länge der Pressbank nicht hinreichte, um deren Zerreißung zuzulassen. Diese wurden abgehauen und umgestaucht; aber ungeachtet aller möglichen Vorsicht bei der hiezu nöthigen Aufwärmung, traf es sich doch sehr oft, dass die Stange beim Stauchen zerbrach: ein Zeichen, dass das Eisen beim Erwärmen geschwächt wurde *). Wir mussten daher dem Glühen auszuweichen suchen, und fielen hiebei auf den Gedanken, die hinlänglich verkürzte Stange an dem abgehauenen Ende zu spalten und mit Keilen zu befestigen. Dieses glückte wohl einigemal, aber das Spalten konnte schwerlich so central geschehen, dass nicht ein Ende schwächer ward als das andere. Dann wurde versucht, die Stange für die Keile mit der Säge zu öffnen, diess glückte besser, aber nicht sicher bei allen. Endlich schlug Herr BROLING das einzige Mittel vor, die Stange an dem abgehauenen Ende auszuspitzen, und sie so weit rückwärts zu legen, dass die Spitze eine ungewärmte Stelle der Stange berührte. So gelang es uns, ohne die Enden zu schwächen, die Stange abzureissen.

Nach dem Stauchen wurden die Stangen mit Holzschraubstöcken längs einem gefugten Brett gerade gemacht, und an den Enden mit Nummern bezeichnet; doch so, dass auf dem einen Ende die Nummer auf das platte Ende der Stauchung geschlagen wurde, und an dem andern auf das Ende der Stange selbst. Dadurch konnte man das eine Stangenende von dem andern unterscheiden, welches nöthig war, um ohne besondere Bezeichnung den einen Fuss der Stange von dem andern unterscheiden zu können; denn, wenn wir z. B. anführen, dass die Stange Nro. 1. am zweiten Fuss zerbrach, so geht hiebei die Berechnung von dem Stangenende aus, wo die Nummer auf die Flachseite der

*) Nach aller Wahrscheinlichkeit hatten diese Eisenstangen einen Zustand angenommen, der dem im Eisendrath gleich; einen gestreckten Zustand, worin die Ductilität mehr oder minder aufgehoben war. Das Glühen stellt sie wieder her, aber nicht den ursprünglichen Querdurchschnitt der Stange. Siehe die Note in §. 11.

Stauchung geschlagen war. Hätte die Zahl der Füsse durch Ziffern bezeichnet werden sollen, so hätte das Einstempeln oder Graviren möglicherweise die Stangen schwächen können; wenigstens wäre eine zeitraubende Vorsicht und Aufmerksamkeit nöthig gewesen.

Die gestauchten, gerade gemachten und bezeichneten Stangen wurden sodann gradirt, doch ungleich. Alle Stangen wurden zwar gradirt, aber die dem Dehnungsversuch zu unterwerfende, deren Endritzen also in den Mikroskopen des Stangenzirkels observirt werden sollten, mussten an den Stellen, wo die Endstriche eintrafen, polirt, und darauf an diesen Stellen äusserst leicht gravirt werden. Die Gradirung ging im Allgemeinen so zu: Zuerst wurden kleine Flecken, in Abständen von einem Fuss, rein gefeilt; sodann wurde mit der einen von den plangeschliffenen 2zolligen Quadratstangen — durch deren Aneinanderschleifen unsere eiserne Skala bereitet worden war *) — ein gerader Strich längs jeder Eisenstange gezogen; auf diesem Strich wurden die Stangen gradirt. Bei einigen von den Eisenstangen, welche mikroskopischen Untersuchungen unterworfen werden sollten, musste die äusserst feine Gradirung wieder umgearbeitet werden, wegen Fehler, die man erst in den starken Mikroskopen entdeckte **). Da die ursprünglich 7 Fuss langen Eisenstangen im Stauchen 2 bis 3 Zoll in der Länge verloren und die Gradirung 6 Fuss aufzog, so waren an jedem Ende 4 bis 5 Zoll leer übrig, welche eben recht zur Befestigung hinreichten. Taf. VI. Fig. 3. stellt eine gestauchte, gerade gemachte, gradirte und so zum Versuch fertige Eisenstange nach der Skala Nro. 2. vor; *a* zeigt ihr Aussehen nach dem Durchschnitt, und *b* am Ende.

Nachdem die Stangen dergestalt zu den Versuchen hergerichtet waren, musste der Querschnitt jeder Stange mit der äussersten Genauigkeit bestimmt werden. Es wurde bei den gewalzten, sowohl runden als vierkantigen, Stangen auf folgende Weise bewerkstelligt. An dem einen Ende eines feinen gewichsten Seidenfadens von ungefähr 4 Fuss Länge wurde ein Lot von ungefähr $\frac{1}{2}$ Mark Gewicht befestigt, worauf er mit dem andern Ende aufgehängt wurde, um eine späterhin unveränderliche Ausdehnung, welche das angeführte Gewicht bewirken

*) Siehe §. 17. am Anfang.

Der Uebers.

**) Um die Versuche nicht aufzuhalten, geschah diese Umgradirung oft an Ort und Stelle von einem der Beobachter, Herrn MUNCRTTELL.

konnte, anzunehmen. Hierauf wurden in den Seidenfaden zwei Knoten geschlagen, in solchem Abstand von einander, als gewöhnlich zu 21 Umwicklungen bei den runden Stangen erforderlich war. Der Abstand zwischen diesen Knoten wurde beim Anhängen des Gewichts mit einem Eisenlineal von bestimmter Länge gemessen. Wenn nun der Querschnitt der Stange gemessen werden sollte, wurde der Seidenfaden mittelst Umdrehung um die Stange gewickelt, Umwicklung dicht an Umwicklung, unterdessen das Lot beständig mit seinem Gewicht wirkte, um den Seidenfaden in derselben Spannung zu erhalten, in welcher seine Länge bestimmt worden war. Was nach einer gewissen Anzahl Umwicklungen vom Seidenfaden übrig blieb, wurde genau mit dem Zirkel gemessen. Nachdem diess Maass genommen worden, wurde der Seidenfaden wieder abgewickelt, und die Länge zwischen den Knoten aufs Neue gemessen. Diese zweite Bestimmung der Länge des Fadens war gleichwohl wenig, fast allgemein gering unterschieden. Der grösste Unterschied traf sich, als die Stange Nro. 2. gemessen werden sollte. Bei Anfang der Messung war

Die Länge des Fadens	290,5	Dec. Lin.	
Mitten unter der Messung . .	291,5	»	»
Nach dem Schluss der Messung	292,5	»	»
wonach des Fadens mittlere Länge	291,5	»	» bestimmt wurde.

Da nun der Seidenfaden bei dem Umwickeln eine Spirale beschrieb, oder die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks ausmachte, dessen eine Seite die Breite war, welche die Umwicklungen längs der Stange ausmachten, und die andere = der Peripherie oder Perimeter der Stange selbst, mit der Anzahl der Umwicklungen multiplicirt; so wurde auch die Breite, welche alle Umwicklungen zusammen ausmachten, gemessen. — Auf diese Weise wurden alle gewalzten Stangen an 3 Stellen gemessen, nämlich bei den beiden Endstrichen und in der Mitte; worauf das Mittel aus diesen Messungen als der Grund zur Bestimmung des Querschnitts angenommen wurde. Bei der Stange Nro. 2. wurden 4 Messungen gemacht, sie kann daher als Beispiel dienen. Der Seidenfaden, dessen mittlere Länge aus 3 Messungen zu 291,5 Decimal-Linien bestimmt worden machte

Umwicklungen.	Breite derselben.	Unaufgewickelter Faden.
21	1,7	1,5 in der Mitte
21	2,5	0,0 an einem Ende
21	2,1	0,7 nahe dabei
21	1,9	1,1 am andern Ende
im Mittel 84	8,2	3,3
(auf einfaches 21	2,1	0,8)

Also hatten $291,5 - 0,8 = 290,7$ Dec. Lin. Seidenfaden 21 Umwicklungen betragen, welche nach dem Mittel 2,1 Dec. Lin. in Breite betragen; demnach ist die Peripherie dieser Stange

$$= \frac{\sqrt{(290,7)^2 - (2,1)^2}}{21}$$

Diese bei gewalzten Stangen, welche fast so gleich waren, als wären sie durch die Drathscheibe gezogen, anwendbare Methode konnte gleichwohl bei den geschmiedeten nicht angewandt werden; diese waren ungleich, sowohl nach Beschaffenheit als Grösse, oft innerhalb der Länge von wenigen Zollen. Zur Messung dieser Dimensionen war also kein anderer Ausweg übrig, als mit dem Krummzirkel innerhalb jeder Elle das grösste und kleinste Maass zu suchen; daraus folgt, dass bei den 4kantigen Stangen, deren Durchschnitt zum öfteren ein Rechteck war, und also darum 2 Messungen erforderte, an jeder Elle vier Maasse genommen werden mussten, d. h. 12 Maasse bei einer Stange. Wir nehmen Nro. 78. als Beispiel:

Die Nummer 78 ist auf der Plattseite eingeschlagen *)	An der 1sten Elle.		An der 2ten Elle.	An der 3ten Elle.	Die Nummer ist am Ende eingeschlagen.
	max.	min.			
	eine Seite	andere »	4,35	4,40	4,60
			4,25	4,35	4,40
	eine »	andere »	4,10	4,20	4,30
			4,10	4,20	4,30

Wie in Folge dieser Messungen der Querschnitt bestimmt wurde, werden wir an einem andern Orte zeigen, denn diese Bestimmung fällt ungleich für un-

*) Seite 41.

gleiche Berechnungsweisen aus. — Uebrigens wurden nicht alle geschmiedeten Stangen so gemessen, bei vielen wurden Umwicklungen benutzt.

Die auf die beschriebene Weise gestauchten, gerade gerichteten, gradirten und gemessenen Stangen waren nun zum Versuchen fertig: dieses geschah in der Ordnung und auf die Weise, welche wir nun beschreiben werden.

Biegungs-, Drehungs und Schwingungs-Stuhl.

Biegung.

§. 22. Für die meisten Stangen wurde der Abstand zwischen den Stützpunkten zu 6,5 Fuss = 650 Dec. Lin. bestimmt, wonach der Abstand der beweglichen Docken D und D' (s. Taf. V. Fig. 1. 2.; Taf. VI. Fig. 1. 2; Taf. VII. Fig. 1. 2.) berichtigt wurde; doch wurden auch manche Stangen bei 600 Linien Abstand gebogen (z. B. Nro. 1. 2. 3. u. s. w.). Die gradirte Tafel T (Taf. V. Fig. 2. samt Taf. VII. Fig. 1. 2.), welche an dem auf dem Rahmen G beweglichen Schlitten K befestigt war, wurde so gestellt, dass der kleine Messingrahmen R (Taf. VII. Fig. 1. 2.), der während der Experimente die Stange umfasste, mitten zwischen den 2 Docken hing, also auch mitten an der Stange zwischen ihren Stützpunkten. Die Stange wurde zuerst durch den genannten Rahmen eingeführt, und sodann mit den Enden in die an den Docken angebrachten Oeffnungen O , O (Taf. VI. Fig. 1. Taf. VII. Fig. 1.), wo sie auf den Schneiden ruhte, welche die untere Seite eben der Oeffnungen, durch die Gusseisenplatten P , P' , bildeten. — Der Rahmen hing an einem gut gerade gerichteten Stahldrath von hinlänglicher Dicke, um keine Ausdehnung durch die Spannung zu erleiden, die hier statt finden könnte; von dem obern Ende dieses Stahldraths ging, über eine gedrehte Rolle t (Taf. VII. Fig. 1.), ein leinenes Band, an dessen anderm Ende eine kleine Wagschaale V befestigt war. Wegen dieses Bandes in diesem, und wegen der Stange im Schwingungsversuch war der Rahmen G des Stuhls mit einer Oeffnung versehen, die Taf. VI. Fig. 1. 2. und Taf. VII. Fig. 1. 2. sichtbar ist. Die Rolle t , samt dem daran befestigten Weiser γ , hatte einen leichten Umlauf zwischen zwei Stahlspitzen, in welche sich die zwei Schrauben s , s endigten, wie Taf. VII. Fig. 2. zeigt. Um der Unsicherheit zuvorzukommen, welche der Weiser in einer mehr oder minder geneigten Stel-

lung, mittelst seines eigenen Gewichts, bei der Ablesung der Grade *) herbeiführen konnte, war an der Rolle ein Gegengewicht angebracht, welches den Weiser in jeder beliebigen Stellung im Gleichgewicht hielt. Von des Messingrahmens *R* unterm Rand hing eine Schnur herab, an der die Wagschaale *W* befestigt war; diese und das Gewicht des Rahmens wurden mit verschiedenen Lasten ins Gleichgewicht gebracht, welche auf die Wagschaale *V* gelegt werden (Taf. VII. Fig. 1.). Die Taf. VIII. Fig. 5. zeigt den Rahmen samt einem Theil der Eisenstange in voller Grösse. Vermittelst der kleinen Holzkeile *k, k* wurde die obere Seite der Eisenstange immer gegen die obere innere Seite des Rahmens angedrückt, wie die Figur angiebt. Zur Bestimmung der Dimension wurde, bei der Rolle *t*, der schon erwähnte Seidenfaden angewandt. Seine Länge war

am Anfang der Messung = 1 Eisenlineal + 5,8 Dec. Lin.
 am Ende = „ „ + 6,0 „ „
 = 290,5 Lin. + 5,9 (als Mittel).

Dieser 296,4 Dec. Lin. lange Faden wickelte sich zweimal um die Rolle und liess 65,6 übrig. Demnach betrug die Peripherie der Rolle $\frac{296,4 - 65,6}{2} = 115,4$

Dec. Lin. Hiernach lässt sich leicht das Maass für die Senkung eines Grads bestimmen (nämlich der Log. davon ist = 0,5059033 — 1, [also die Länge des Grads 0,3206]).

Nachdem die Stange auf die oben angeführte Weise (wie Taf. VII. Fig. 1. 2. ausweist) an ihre Stelle eingelegt worden, wird sie durch ihr eigenes Gewicht eine bedeutende Senkung oder Biegung annehmen. Um diese aufzuheben, und demnach in der Berechnung der Versuche alle Rücksicht darauf bei Seite setzen zu können, wurde noch weiter die kleine Wagschaale *V* mit einem so grossen Gewicht, dass sie gerade das Gleichgewicht hielt, mit der oben gemeldeten Biegung, und die Mitte der Stange **) in Wasserpass (horizontal) mit den Enden der Stange brachte: eigentlich für diesen Zweck waren die kleinen Holzkeile (Taf. VIII. Fig. 5.) nöthig. Um die Stange in Wasserpass zu bringen, war eine wagerechte Linie

*) Von dem unten genannten Gradbogen.

**) Mit Bedeutung wird hier gesagt, dass die Mitte der Stange im Wasserpass mit den Enden stehe, nicht dass die ganze Stange horizontal sey; da von den Enden bis an die Mitte immer noch eine Senkung angenommen wird.

hinter der Stange an der Wand gezogen, nach der man sich das Absehen nahm. Nun wurde die Stelle des Weisers am Gradbogen bemerkt, z. B. 8^0 rechts von 0, welches wir mit — bezeichnen, und dagegen die Gradirung links von Null mit +. In demselben Verhältniss nun, in welchem die Wagschaale W belastet wurde, bog sich die Stange, durch den Druck des Rahmens auf ihre Mitte, und je mehr sie sich bog, destomehr zog sich des Weisers Spitze nach der Linken. Man fing die Belastung auf W mit so geringem Gewicht an, dass der (äusserste) Grad der Spannkraft nicht überschritten werden konnte, und setzte dann fort mit 22, 24, 25, 26 u. s. w. Ü , bis man fand, dass der Nullpunkt *) der Stange sich geändert hatte. Bei jedem zugesetzten Gewicht in W wurde der Grad aufgezeichnet, den der Weiser angab.

Die einzige Absicht bei diesen Versuchen war, den Grad der Spannkraft oder Steifheit des Eisens auszumitteln, oder wie starke Biegung oder Belastung das Eisen aushalten konnte, ohne sich zu krümmen (eine permanente Veränderung zu erleiden); demnach wurden die in W angebrachten Gewichte, nachdem die Stelle des Weisers bei jedem dort hinzugesetzten Gewicht bemerkt worden war, weggenommen. Geschah dieses mit gehöriger Vorsicht, so stand der Weiser — so lange der Spannkraftsgrad der Stange nicht überschritten war — allzeit auf demselben Grad, wie zu Anfang des Experiments, oder, was dasselbe ist, die Stange nahm die gerade Stellung wieder an, die sie hatte, ehe die Wagschaale W belastet wurde **). Zum Beispiel: der Weiser stand auf — 8^0 , als die Stange gerade (wagerecht) war, die Wagschaale W wurde nach der Hand mit 29 Ü belastet, worauf der Weiser nach + 32^0 geführt wurde; also hatte die Rolle mit dem Weiser eine Drehung von $32 + 8 = 40^0$ durchgemacht. Ging nun der Weiser, nach Hinwegnahme der Belastung in W , wieder auf — 8^0 zurück; so zeigte diess an, dass die Stange noch gerade war und ihre volle Spannkraft beibehalten hatte; aber wenn W nachher mit 30 Ü belastet wurde, und der Weiser sodann bei + $33,5$ stand, demnach die Rolle eine totale Umdrehung von $41,5$ gemacht hatte, dabei, nach Hinwegnahme der Last von W , der Weiser auf — $7,5$ sich stellte; so zogen

*) Der Nullpunkt der Horizontalität, oder vielmehr: dass der Zeiger nicht wieder ohne alle Beschwerung auf derselben Stelle stand, wie von Anfang. Der Uebers.

**) Gleichwohl hatte gewöhnlich einiges Setzen statt (die Stange setzte sich etwas), welches aber von keiner Veränderung in der Spannkraft herrührte. Siehe 2ter Theil.

wir den Schluss, dass die Stange, mit Beibehaltung ihrer Spannkraft, nicht 30 $\bar{\text{U}}$ aushalten konnte, sondern eine permanente Veränderung, eine Krümmung, den $0^0,5$ des Gradbogens entsprechend, erlitten hatte, und demnach ihre Spannkraft überschritten ward. — Dabei war die grösste Vorsicht *) nöthig, um jeden Stoss auf die Wagschaale beim Zulegen und Wegnehmen der Gewichte zu vermeiden.

D r e h u n g.

§. 23. Bloss zu den Drehungs- und Schwingungs-Versuchen wurden beim Stauchen die Stangen an beiden entgegengesetzten Enden platt gemacht, wie Taf. VI. Fig. 3. *a* und *b* ausweist. Denn in diesen beiden Experimenten war es höchst nöthig, beide Enden der Stangen so vollkommen stark zu befestigen, dass beim Drehen die hiezu erforderliche Kraft, und bei den Schwingungswendungen die Trägheit des, am untern Ende der Stange hängenden, Gewichts nicht die mindeste Bewegung oder Verrückung in der Befestigung herbeiführen konnte; denn sonst hätte kein sicheres Resultat aus diesen Versuchen sich ergeben. Beide Enden der Stange mussten demnach ein Ganzes mit den Theilen der Maschine ausmachen (oder bei den Schwingungen mit dem Gewicht), an welche sie befestigt waren. Um bei dem Drehungsversuch eine solche Befestigung hervorzu- bringen, war die Achse oder Spindel des Drehungsrads (s. Taf. VI. Fig. 1.) an ihrem innern Ende mit einer Hülse *E*, von der Form und Grösse, wie Taf. VI. Fig. 1. 2. weiset, versehen. Diese Hülse war zu einem Stück mit der, im übrigen sehr genau abgedrehten, Spindel zusammengeschiedet; diese ruhte zunächst innerhalb der Hülse auf einem Metalllager, und mit dem andern Ende auf 2 Frictionsrollen von Messing. Die Hülse *E* (Taf. V. Fig. 1. 2. und Taf. VI. Fig. 1.), war mit zwei Stellschrauben *e, e* gerade in der Mitte einander gegenüber, wovon gleichwohl nur eine auf einmal benutzt werden konnte, versehen. Eine (zweite) sowohl nach Grösse, als Form ganz gleiche Hülse *F*, auch mit Schrauben versehen, war mit der Gusseisenplatte *P'* (Taf. V. Fig. 2.) an der Docke *D'* zusammengegossen, und so gerichtet, dass ihr Centrum sich gerade vor der Achse der Spindel befand. In diese Hülsen wurden die gestauchten Stangen eingesetzt, und um die Stange mitten in den Hülsen befestigt zu erhalten — im Inwendi-

*) Vielleicht hätte auch, besonders an den Grenzen der Spannkraft, auf die Zeit der Versuche Rücksicht statt gefunden; interessant wären auch dabei Beobachtungen über den magnetischen Zustand der Stangen gewesen.

gen waren die Hülzen etwas voller, als die Weite der gestauchten Stangen — war man mit dünnen glattgefeilten, theils gleich dicken, theils keilförmigen Stahlschienen versehen, von welchen eine oder mehrere, je nach der Beschaffenheit der Stauchung, auf eine Seite zwischen die Eisenstange und die Hülzen gelegt wurden, worauf die Schraube der entgegengesetzten Seite stark zugeschraubt wurde, während die Stange auf die Stahlschienen drückte, und so gleichförmig und ganz stark befestigt an ihren beiden Enden hielt. Da die Stauchung selten von vollkommen gleicher Dicke war, wie die Stange selbst, so war eine natürliche Folge davon, dass sich die Stange vom Festschrauben krumm ziehen konnte. Diesem wurde durch die keilförmigen Schienen abgeholfen, welche, nach den Umständen, mit den dünnern Kanten bald nach innen bald nach aussen gewendet wurden. Der Abstand zwischen den Marken oder Vertiefungen, welche an beiden Enden der Stangen, von dem Centrum der Stellschrauben, eingedrückt wurden, wurde mit Genauigkeit gemessen, wenn die Stange nach dem Schluss des Experiments herausgenommen worden; und da blos dieser Theil der Stange (der zwischen den genannten Marken enthaltene) der Drehung unterworfen war, so wurde er hie und da auch »Drehungslänge der Stange« genannt.

Das Drehungsrads *H* war von Eisen gegossen, so leicht als möglich, und wurde stark an die Hülse festgekeilt. Durch angehängte Gewichte war es von eigener Ueberwucht befreit. Da man die Friction zwischen der Spindel und ihren Lagern, so weit es möglich, vermindern musste; so wäre es allerdings in dieser Hinsicht besser gewesen, sich hiezu eines hölzernen, also leichtern, Rads zu bedienen. Aber die Schwierigkeit, ein dergleichen vollkommen unbiegsames zu erhalten — welche Eigenschaft doch so höchst nothwendig war, um sichere Resultate aus den Versuchen zu erhalten — gab gleichwohl dem Rad von Gusseisen einen entschiedenen Vorzug. Um die Reibung zu vermindern, ruhte das äussere Ende der Spindel, wo das grösste Gewicht war, auf 2 wohlgedrehten Frictionsrollen von Messing. Ihr Durchmesser war 35 und ihre Achse 2 Decimallinien. Das Rad war, auf seiner Spindel, eben abgedreht, an seiner äussersten Peripherie und an der Seite gradirt, wie Taf. VI. Fig. 2. zeigt. An den Rahmen des Stuhls ward ein Weiser *V* von dünnem Eisenblech gesetzt (Taf. V. Fig. 2.), seine Spitze schloss sich an den Gradbogen des Rades, dessen kleinste Bewegung man also danach merken und bestimmen konnte. Ueber das Rad und seine abgedrehte Ebene lag ein starkes Band, welches an beiden Seiten nieder-

hing, und an dessen einem Ende die Wagschaale W' und am andern die Wagschaale V' befestigt war (Taf. V. Fig. 3.); die letztere wurde so beschwert, dass sie gerade mit W' im Gleichgewicht war, doch so, dass das Rad mit ihnen in jeder beliebigen Stellung vollkommen im Gleichgewicht blieb. Damit das Band, wenn W' belastet wurde, nicht an der glattgedrehten Seite hingleiten könnte, war es durch eine kleine Schraube daran befestigt. — Da die Eisenstange durch ihre Umdrehung etwas verkürzt wurde, so war auch die Spindel samt dem Rade auf ihrem Lager beweglich, so, dass es sich ungehindert herein oder heraus ziehen konnte, je nach der Verkürzung oder Verlängerung der Stange. Der Durchmesser des Drehungsrades wurde mittelst eines über dasselbe hängenden und an beiden Enden belasteten Seidenfadens bestimmt. Der Abstand zwischen beiden lothrecht herabhängenden Enden der Schnur wurde gemessen

von CARELL 269,4

von LAGERHIELM 269,6

betrug demnach 269,5.

Die Drehungsversuche wurden ungefähr auf dieselbe Weise angestellt, wie die vorhin beschriebenen Biegungsversuche. Nachdem die gestauchten Enden der Eisenstange, auf die oben beschriebene Weise, stark in ihre entsprechende Hülse festgeschraubt waren, konnte das Rad H nicht umgedreht werden, ohne dass die eingesetzte Eisenstange auch mit gedreht wurde; und wenn die Kraft, welche die Umdrehung des Rades bewirkte, wieder aufhörte, so musste auch die Spannkraft der Eisenstange das Rad in seine frühere Lage wieder zurückführen, insofern die obige Kraft nicht so gross war, dass sie die genannte Spannkraft überwand, und die Stange eine bleibende Veränderung erlitt. Allerdings führte die Friction einige Unsicherheit herbei, aber sie war doch wenig bedeutend, besonders da man, nach fortgesetzten Versuchen, mehr Gewöhnung und bessere Handgriffe zur Anstellung der Versuche brachte.

Nachdem die Eisenstange I wohl befestigt war, wurde der Grad am Rade bemerkt, z. B. — 1, welcher sich gerade vor der Spitze des Weisers befand. Hierauf wurde die Wagschaale W' , wie bei den Biegungsversuchen, mit allmählig vergrösserten Gewichten beschwert, wobei man zwischen jeder Gewichtszunahme allzeit die ganze Belastung wieder hinwegnahm, um nachzusehen, ob das Rad auf denselben Grad zurückging, auf welchem der Weiser beim Anfang des Experiments stand. Wenn dieses z. B. noch eintraf bei 31 Ü Belastung,

wobei der Weiser auf 16^0 stand, aber nach der Last von 32 Ü (welche das Rad bis $17^0,6$ zu drehen vermochte) das Rad auf — $0,2$ stand; so bewies dieses, dass die eingesetzte Stange 32 Ü nicht ertragen konnte, ohne eine permanente Drehung, die — $0^0,8$ entspricht, zu erleiden.

S c h w i n g u n g.

§. 24. Bei diesen Versuchen wurde das obere Ende der Eisenstange an dem gegossenen Kloben von Eisen K auf die Weise befestigt, wie Taf. V. Fig. 2., und Taf. VI. Fig. 1. und 2. weisen, umfasste den Wagbalken B und war an demselben mit dem Schraubbolzen U befestigt. Der Wagbalken lag mit beiden Enden zwischen zwei Stützen; am einen Ende lag er befestigt an, und ruhte auf dem Schraubbolzen L dergestalt, dass er zwar ganz stetig ruhte, aber doch an seinem andern Ende erhöht oder gesenkt werden konnte; diess lag auf dem Stock M , welcher gleichfalls zwischen den beiden Stützen, vermittelt des Schraubbolzens N befestigt und drehbar war (Taf. V. Fig. 2. 3.). Der Zweck dieser Vorrichtung war, dass, wenn das untere Ende der Eisenstange mit einem bedeutenden Gewicht belastet worden, man gleichwohl alles zusammen mit Leichtigkeit in die Höhe heben könnte. Mit der Schnur Q , die an dem äussern Ende des Stocks M fest war, wurde er niedergezogen, wodurch der Balken erhöht wurde. Sodann wurde die Schnur an den Stützen befestigt, und der Balken blieb in der Höhe, die man verlangte. Unter dem vorerwähnten Kloben war eine Einsenkung (Taf. VI. Fig. 1.) gerade passend für das gestauchte Stangenende, vermittelt ihrer wurde die Stange mit jeder beliebigen, noch so grossen Last sicher zurückgehalten, oder zu fallen verhindert; aber da es hier nicht bloss nöthig war, die Stange sicher in ihrer Stelle zurückzuhalten, sondern auch, dass kein Klaffen bei den Schwingungen statt finden möchte, so musste das Guss-eisenstück x (Taf. V. Fig. 2.) mit Schrauben dicht an den Kloben angeschraubt werden, so dass diess Stangenende so vollkommen fest sass, wie in einer Schraubstätte. Aber auch in der Absicht, damit die Stange nicht durch die Biegung des Balkens an einem Ende — wodurch dieser aus seiner horizontalen Lage gebracht wurde — aus ihrer vertikalen Lage käme, und also durch das daran hängende Gewicht krumm gezogen würde, konnte die Stellung des Klobens sich hienach richten, da er, wie um ein Centrum, sich bis auf einen gewissen Grad um den Schraubbolzen U drehen konnte. Das untere Ende der Stange war in ei-

ner Büchse (Taf. VIII. Fig. 1. 2.) befestigt. Sie wurde ganz auf dieselbe Weise, wie eben für das obere Ende angeführt worden, benützt; denn im Centrum der Büchse war ein ähnlicher Kloben, wie der eben beschriebene, angebracht. Diese Dose war aus Eisen gegossen, und von der Form und Grösse, wie die Zeichnung angiebt. Sie war so construirt, dass man sie nach Belieben mit Bleikugeln belasten konnte, ohne dass ihre äussere Form dadurch verändert wurde; woher auch der Widerstand der Luft, für jede beliebige Last, derselbe blieb. Aber da sich in der Folge fand, dass diese Belastungsweise viele Schwierigkeiten und besonders viel Zeitverlust mit sich führte, und dass der Deckel (Taf. IX. Fig. 1. 2.), womit die Büchse gleich Anfangs versehen worden, von zu geringem Gewicht war, um die Last des Ganzen bedeutend zu verändern; so schaffte man eine dickere, in gleicher Weite mit der Dose genugsam abgedrehte Gusseisenscheibe *C* an, samt einer dergleichen noch stärkern und in ihrer ganzen Oberfläche wohl abgedrehten Bleischeibe *D* (Taf. VIII, IX.).

Die Höhe des Stuhls war so abgemessen, dass, wenn der Balken *B* (Taf. V. Fig. 2. 3. Taf. VI. Fig. 1. 2.) — samt dem in dem Kloben befestigten einen Ende der Stange — in einer horizontalen Lage war, das andere Ende derselben gerade bis zur Befestigungsstelle in dem Kloben *K* der Büchse hinunterreichte (Taf. VIII. Fig. 1. 2.), wobei dann die Büchse auf dem Unterrahmen des Stuhls stand. Ohne die Büchse aufzuheben, konnte demnach das Ende der Stange mit Leichtigkeit darin befestigt werden, worauf der Balken, auf die oben beschriebene Weise, auf solche Höhe gehoben wurde, dass die Büchse frei hing. Bei den Versuchen wurde abwechselnd die Dose allein, die Dose blos mit der Gusseisenscheibe, oder mit beiden, und der Eisen- und Bleischeibe gebraucht; auch die Bleischeibe oder Gusseisenscheibe allein, oder diese beiden Scheiben zusammen ohne die Büchse. Schliesslich wurde auch geschmolzenes Blei in die Dose, nach der Linie *a, b* (Taf. VIII. Fig. 2.), gegossen.

Um mit der möglichst grössten Genauigkeit die Schwingungen auch nach ihrer Grösse beobachten zu können, war ein leichter Drathweiser *a* (Taf. VIII. Fig. 3. 4.) an der Scheibe befestigt, und unter seiner Spitze ein Gradbogen *b* angebracht, dessen Radius ($=$ der Länge des Weisers) 1,5 war. Er war so gradirt, dass in seiner Mitte Null war, von da aus zu beiden Seiten 30 Grad angebracht, deren jeder in 5 gleiche Theile getheilt war. — Taf. VIII. Fig. 1. stellt die Büchse im Grundriss vor, ohne Deckel; Taf. IX. Fig. 1. den Grundriss,

und Fig. 2. das Profil des Deckels; Taf. VIII. Fig. 2. einen Durchschnitt der Büchse *A* mit der darauf liegenden Gusseisenscheibe *C* und der Bleischeibe *D*, samt einem Theil der in dem Kloben der Dose befestigten Eisenstange *B*; Taf. VIII. Fig. 3. den Grundriss, und Fig. 4. den Durchschnitt der Bleischeibe mit dem Weiser α und dem darunter liegenden Gradbogen, samt einem Theil der Eisenstange; Taf. IX. Fig. 3. das Profil der Dose mit den Eisen- und Bleischeiben, Fig. 5. das Profil der Eisen- und Bleischeiben ohne Dose; Fig. 4. den Durchschnitt derselben Scheiben samt einem Stücke der Eisenstange, mit eisernen Zapfen darin befestigt; Taf. V. Fig. 2. eine Stange, zum Schwingen eingesetzt, mit der Büchse und ihren Gusseisen- und Bleischeiben.

Nachdem, auf die angeführte Weise, das obere Ende der Stange in den Kloben eingesetzt und festgeschraubt worden — das für den Versuch bestimmte Gewicht, z. B. die Dose mit den Eisen- und Bleischeiben, am untern befestigt — der Wagbalken auf die oben angeführte Art gehoben, und der Kloben so gerichtet worden, dass die Stange gerade hing; — so fand sich, dass das überwiegende Gewicht der Bleischeibe, welche allzeit zu oberst lag, den Schwerpunkt der Dose, mit den darauf gelegten Scheiben, über den Befestigungspunkt des (untern) Stangenendes heraufgerückt hatte; daraus folgte, dass die Dose nicht stet hing, sondern sich neigte, gegen eine Seite schwankend, wodurch die obere Fläche der Bleischeibe nicht horizontal lag. Dieser Ungelegenheit wurde durch 4 kleine Holzkeile abgeholfen, welche zwischen der Stange und der inneren Höhlung — welche durch die Bleischeibe ging — eingesetzt wurden; dieses einfache Mittel richtete das Gewicht so, dass nicht blos die Bleischeibe horizontal hing, sondern zugleich, dass sie mit den übrigen Theilen der Lastung central schwang. Hierauf wurde der Weiser aufgesetzt, er umfasste mit einer Gabel die Eisenstange und war an die äussere Fläche der Bleischeibe mit einer Knopfnadel befestigt; sodann wurde der Gradbogen auf einem eigenen Gestell unter die Spitze des Weisers angebracht, so dass er auf Null stand, wenn die Stange mit der Lastung in Ruhe war.

Zu diesen Versuchen waren nothwendig zwei Beobachter erforderlich; der eine beobachtete am Chronometer, der andere zählte die Schwingungen. Der erstere zeichnete zum voraus ein bald eintretendes Zeitmoment auf; z. B. XI^u 25^m 30^s. Inzwischen hatte der andere die Stange mit ihrem Gewicht in Bewegung gesetzt; er umfasste die Stange mit einer Hand und drehte bis auf ei-

nige Entfernung, dabei musste jedoch die Vorsicht beobachtet werden, dass keine pendulirende Schwingung entstand. Aus den vorher angestellten Drehungsversuchen hatte man schon ausgemittelt, wie viel Grade Drehung, z. B. 17^0 , jede Stange, mit Beibehaltung ihrer vollen Spannkraft, aushielt; demnach war es bei den Umschwingungsversuchen nothwendig, die Schwingungsbewegung des Gewichts zu beiden Seiten der Null auf dem Gradbogen auf oder innerhalb jener Gradzahl zu beschränken. Nachdem die Stange solchergestalt in Schwingung gesetzt war, und unter Mitwirkung des Schwingungs-Beobachters ihre Centralität als bleibend erfunden war, gab die Person am Chronometer das Zeichen, wenn das zum Voraus aufgezeichnete Zeitmoment eintraf. Von diesem Augenblick fing das Zählen der Doppelschwingungen *) an, und wurde so lange fortgesetzt, als die beständig abnehmenden Schwingungen mit Sicherheit bestimmt werden konnten. Für jede halbe oder ganze verflossene Minute zeichnete der Zeitbeobachter die Zahl der Schwingungen auf. Je nach der Beschaffenheit der Eisenstangen konnte das Zählen mehr oder weniger Minuten lang fortgesetzt werden, ohne abubrechen, oder ohne das Gewicht aufs Neue in Bewegung zu setzen. Bei den meisten Eisenstangen, und darunter ohne Ausnahme bei allen gewalzten, dauerte die (umdrehende) Schwingungsbewegung so lange fort, dass sie ohne Unterbrechung mit Sicherheit während 10, 11 bis 12 Minuten beobachtet werden konnte, aber bei einigen von den geschmiedeten Stangen nahm dagegen die Bewegung ganz hastig ab, so dass sie kaum noch nach Verlauf von 3 Minuten bemerkbar war. Unsere Vermuthung, dass die Ursache davon in einiger bedeutenden Undichtheit dieser Stangen liege, wurde vollkommen durch die nachher mit ihnen unternommene Zerreiſſung bekräftigt **). Nach dem Schluss des Experiments, aber ehe die Stange aus ihren Befestigungen herausgenommen worden, mass man den Abstand zwischen den Befestigungspunkten an ihren beiden Enden; diess nennen wir die Schwingungslänge der Stange.

In Rücksicht auf die Dicke der Stange, bezüglich zur Länge — da der Durchmesser sich zur Schwingungslänge wie 1:130 verhielt — schwang sie so

*) Das Hin- und Herschwingen der Stange wurde für eine Schwingung gerechnet.

**) Zuverlässig könnte man, mit einer nach diesen Gründen eingerichteten ganz einfachen Maschine, in Kurzem ausmitteln, ob Eisenstangen dicht (continuirlich gleichartig) sind, oder wenigstens, ob sie einige bedeutende Undichtheiten enthalten. Diess gleichwohl nur mit solchen Stangen, deren Querschnitt im Verhältniss zur Länge gering ist, wie bei dem schwedischen Stangeneisen gewöhnlich.

schnell und hörte damit sofort auf, dass keine Ungleichheit in den Schwingungszeiten, von da an, als der Schwingungswinkel 30 Grad war, bis er sich auf einige wenige Minuten verminderte, bemerkt wurden. Um das wirkliche Verhalten dabei genauer bestimmen zu können, oder in wie weit die Schwingungen von Anfang bis zum Schluss vollkommen gleichzeitig wären, wurden schliesslich Versuche mit einem groben Eisendrath (der in Taf. IX. Fig. 6. in seiner natürlichen Grösse vorgestellt ist) von gleicher Länge mit den Eisenstangen angestellt; um auch dieselbe sichere Befestigungsmethode für seine Enden, wie für die Stangen, benützen zu können, wurden zwei Eisenstücke $f f$, jedes von $1\frac{1}{2}$ Zoll Länge, zurecht gemacht, so dass sie sowohl nach Form als Dimensionen den gestauchten Stangenenden ähnlich waren, und demnach, wie dieselben, in den Kloben des Waggelbalkens und der Büchse befestigt werden konnten. Durch diese Eisenstücke wurde ein Loch gebohrt, gerade für die Dicke des Eisendrathes passend, und damit es ihn so fasste, dass er vollkommen fest darin sass, wurde das Loch an dem äussern Ende mit einem vierkantigen Dorn oder Stempel erweitert, worauf der Eisendrath festgeniethet wurde.

Die Gusseisendose wog allein, ohne den Deckel, aber samt den erforderlichen Schrauben, 4303 Loth Münzgewicht; diess giebt 6,6625 (Log. 0,8236468) L $\ddot{u}$ b Vict.-Gew. Ihre Figur war so unregelmässig, dass die Berechnung für das Moment der Trägheit nicht blos sehr beschwerlich, sondern auch sehr unsicher war. Die Mittel, die wir dabei anwandten, kommen weiter unten vor *).

Die Gusseisenscheibe C (Taf. VIII. u. IX.) wog 3618 Loth Münzgewicht, also = 5,603 (Log. 0,7483441) L $\ddot{u}$ b Vict.-Gew. Um ihren Radius zu bestimmen, wurde ein Dreieck ABC , Taf. X. Fig. 15., in derselben beschrieben. Die Messung gab seine Seiten $AB = 100,0$; $AC = 100,0$; $BC = 120,0$ in Decimallinien. Wenn nun AD senkrecht steht auf BC , und man an C einen Winkel $= CAE$ legt, so ist E der Mittelpunkt der Scheibe. Nennt man nun den Radius der Scheibe R , und den Radius ihrer Oeffnung, wodurch die Eisenstange eintritt, $= r$, so erhält man, wenn W das Gewicht der Scheibe in L $\ddot{u}$ b beträgt, das Moment der Trägheit für die (durchlöchernte) Scheibe $= \frac{W}{2}(R^2 + r^2)$.

Wir fanden $r = 6,5$; und R auf der einen Seite 62,649, und auf der andern 62,326; daraus das Mittel 62,487; hierdurch ergibt sich, für die angenommene

*) Siehe §. 53.

Einheit nach Schiffſſ, das Trägheitsmoment *) der Scheibe, welches wir mit $2fr^2 dm$ bezeichnen, = 552,4635 (Log. 2,7423036).

Die Bleischeibe D (Taf. VIII. u. IX.) wog 5519 Loth Münzgewicht, daher in Lſſ 8,5454 (Log. 0,9317359). Sie war einwärts gedreht an der untern Fläche (Taf. VIII, Fig. 2.), damit man durch die rückstehende Kante eine Anleitung hätte, um nach dem Gefühl die Scheibe central gegen das untenliegende Rundel zu richten. Wir mussten demnach die Bleischeibe als aus zwei Cylindern bestehend berechnen; einem grössern NN , und dem kleinern. Wir fanden den Durchmesser der Oeffnung DD , = 13,0; den Durchmesser des grössern Cylinders NN = 144,4, seine Dicke 13,35; den Durchmesser des kleinern Cylinders = 126,0, seine Dicke 2,40. Daraus ergibt sich das Gewicht des grössern Cylinders 7,5190 Lſſ Vict.-Gew., und sein Trägheitsmoment 988 Schiffſſ; das Gewicht des kleinern Cylinders = 1,0266 Lſſ; und sein Trägheitsmoment = 103. Demnach war das Trägheitsmoment der Bleischeibe = 1091, oder genauer (nach CARELL) = 1090,76 (Log. 3,0377293) in den angenommenen Einheiten, nach Decimallinien und Schiffſſ.

Die FULLERSche Maschine mit Schwanz und Stangenzirkel, samt der Anstellungsart der Versuche über Dehnen und Zerreißen.

§. 25 Wir gehen nun zur Beschreibung der FULLERSchen Maschine **) oder der hydrostatischen Presse über. Diese lieferte die Kraft zu den Untersuchun-

*) Das Integral ist $\frac{W}{2} \cdot \frac{R^4 - r^4}{R^2 - r^2} = \frac{W}{2} (R^2 + r^2)$.

**) Wir haben schon im Vorbeigehen berichtet, dass die Zusammensetzung dieser Maschine von Herrn BRUNTON und Comp. in London, der sie zur Prüfung der Eisenankertaue (chain cables) anwandte, geheim gehalten wurde. Er hatte gleichwohl die Güte uns mitzutheilen — das Maass zu den Durchmessern der Ventile, Cylinder und Stempel, sowie das Verhältniss zwischen den Hebstanzen des Ventils und der Wagschaale, und dem Verfasser zu gestatten, die Versuche, die oben (§. 8 — 12.) beschrieben worden, anzustellen. Während dieser Versuche konnte die Maschine, wiewohl so viel als möglich bedeckt, nicht umhin, die Art, wie sie wirkte, blosszugeben; wodurch sich eine Vorstellung von der innern Construction der Maschine erzeugte. Die Zeichnung, welche der Verfasser nach diesen Anleitungen, zu entwerfen vermochte, wurde bei der Rückkehr nach Schweden Herrn BROLING übergeben, welcher, nach der ihn auszeichnenden Kenntniss der Maschinenlehre und der Fertigkeit sie anzuwenden, auf einen Blick die Schwierigkeit und die Möglichkeit, diese Idee, in dem hohen Grad von Vollkommenheit, welche unerlässlich zu genauen Versuchen erfordert wird, auszuführen, einsah. Die Herren Bevollmächtigten im Eisencomptoir fanden, dass die Insverksetzung ihre Aufmerksamkeit

gen über die Dehnung (direkte Spannkraft, federnde [elastische] Verlängerung) bei einer in der Richtung der Fibern wirkenden Spannung; eben so zur Untersuchung der Streckung und der absoluten Stärke.

Taf. I.

Fig. 1. u. 2. stellt im Grundriss und Profil diese ganze Prüfungsanstalt vor, bestehend aus einer hydrostatischen Streckmaschine mit ihrem Fuss, Mikrometer, Hebestange, Wagschaale u. s. w.

AB Zwei Fussgestelle von Eichenholz.

C Der Cylinder.

DD Zwei Stangen von Gusseisen, mit Schrauben in die Fussgestelle befestigt.

E Eine standhafte Hebestange von Gusseisen, welche unter der Benennung Schwanz weiter unten besonders beschrieben wird.

F Ein kleinerer Bock, als Stütze für den Schwanz zwischen den Versuchen.

G Eine Wagschaale.

H Ein höherer Bock, mit einer Rolle *m* versehen, über welche eine Schnur gelegt werden konnte, um mittelst eines Gegengewichts den Schwanz, dessen Gewicht 5 Schiffß Spannung entsprach, leichter zu machen.

II Der mikroskopische Stangenzirkel, der besonders beschrieben wird.

Fig. 1. *a* Die Stempelstange.

b Ein starkes Eisen mit concaven Einschnitten an den Enden, um leicht längs den convexen innern Kanten der Stangen *DD* hin und her zu gleiten. Die-

verdiene, und bewilligten die hiezu nöthigen Summen. Den Grad der Vollkommenheit, den diese Presse besitzt, wird der Leser sogleich im Stande seyn zu beurtheilen. Als die Presse zuerst zu den Versuchen benutzt werden sollte, war das Ventil konisch, so dass die Berührungsfläche mit dem Wasser, worauf die Belastung des Ventils wirkte, nicht bestimmt werden konnte. Als Folge davon war die Berechnung über die Kraft der Presse unsicher. Darum waren wir genöthigt, eine Hebestange am Ende der Presse anzubringen. Die Erfindung derjenigen, welche hier angewandt wurde, gehört Herrn HAMMARSKÖLD. — Werfen wir einen Blick auf die Einfachheit der Mittel, welche Herr BROLING für eine so genaue Metallarbeit anwandte, so wie die mechanischen Einrichtungen, welche Herr HAMMARSKÖLD für die Versuche construirte; so verweilt der Gedanke bei dem ächten Erfindungsvermögen, dessen Gegenwart mehr durch die Wirkungen sich kund giebt, als durch die Kosten und Schwierigkeiten, die damit verknüpft sind. Die wesentlichsten Theile der Presse wurden unter Herrn BROLINGS Aufsicht von Herrn MUNCKTELL gefertigt, welcher nicht bloß ein beständiger Observer bei den Dehnungsversuchen, sondern oft bei den übrigen behülflich war. — Die Beschreibung der Presse hat Herr BROLING geneigt selbst mitgetheilt.

- ses Eisen ist in der Mitte mit einem konischen Loch versehen, das genau in das konische Ende des Stempels passt. (Siehe Taf. II. Fig. 1.).
- c* Ein ähnliches Stück Eisen wie *b*, und mit 2 Schrauben daran befestigt; eben so mit einem konischen Loch versehen, um darin mit Hülfe zweier Keile die Eisenstangen zu befestigen. — Die Eisenstücke *b* und *c*, sammt den Schrauben, welche sie zusammenhalten, machen demnach einen, vor den Gusseisenbänken *DD* gesteuerten und innerhalb derselben beweglichen Schlitten aus, vermittelt welchen die Kraft des Stempels an das eine Ende der (zu untersuchenden) Eisenstange hingeführt wird.
- dd* Die zu dem Versuche bereitete Eisenstange.
- ef* Zwei Eisen von derselben Grösse und Beschaffenheit wie *b* und *c*, gleicherweise durch Schrauben verbunden, und dadurch einen in den Gusseisenbänken *DD* beweglichen Wagen bildend, worin in *e* das andere Ende der Eisenstange mit Keilen befestigt ist, und in *f* mit einer Schraubenmutter ein 4kantiges Ohr, wodurch der Schwanz wirkt, um die Eisenstange horizontal zu spannen.
- gg* Das zuletzt genannte Ohr mit der Schraube und der Mutter *n*.
- hhh* Drei parallelepipedische Holzklötze, mit Schrauben an einen auf den Fussgestellen *AB* ruhenden und mit ihnen zusammengeschaubten Holzbalken befestigt. Auf den horizontalen und ebenen Seiten derselben lagen 3 Glasscheiben, als Unterlage für die 3 Füsse des Stangenziels dienend.
- Fig. 2. *ii* Zwei zusammengesetzte Mikroskope.
- Fig. 1. *mmm* Die schon beschriebene Eisenskala (§. 17.) in derselben Lage, wie bei den Dehnungsbeobachtungen.

Taf. II.

Fig. 1. 2. 3 zeigt die Maschine im Grundriss und im Durchschnitt, und ihr eines Ende nach Hinwegnahme des Stangenziels.

- A. Der Cylinder von Kanonenmetall, 53 Decimallinien im Durchmesser, und 8 Linien dick. Er hat der Länge nach 4 Falzen, jede von 1 Quadratzoll Durchschnitt, theils damit er mehr Stärke habe, theils um darin 4 Löcher anzubringen, sowohl zum Eindrücken des Wassers (welches der Ursprung der Kraft ist), theils zum Abzapfen (worin die Möglichkeit, den Versuch zu erneuern, liegt).

Fig. 1. *B*. Der Deckel von demselben Metall, auf die gewöhnliche Art, mit dazwischen gelegtem Leder, mit 8 starken Schrauben von Eisen an den Cylinder festgeschraubt.

C Der Boden des Stempels, aus 2 Metallscheiben bestehend, zwischen welchen ein Pack von 7 — 8 Scheiben portugiesisch Leder eingelegt ist; die Metallscheiben sind vermittelt einer am Ende angebrachten Schraubenmutter von derselben Dicke, wie der Durchmesser des Stempels fest an einander geschraubt.

D Die Stempelstange von dem ausgesuchtesten Eisen vom Ankerwerk zu Söderfors, mit der halben Wallonschmiede verarbeitet. Diese Stange ist mit der grössten Genauigkeit gedreht, und hat an dem vordern Ende einen konischen Absatz, um den Wagen zu fassen, woran die Eisenstange befestigt ist. (Taf. I. Fig. 1. *b c*).

E Eine kleinere Metallscheibe, in der Mitte mit einem Loch, nicht grösser, als dass der Stempel willig hin und wieder dadurch geführt werden kann. Ein Pack runder Lederscheiben, welche genau an die Stempelstange passen, liegen unter dieser Scheibe im Deckel *B* des Cylinders selbst, und sind mit 4 Schrauben zusammengeklemmt.

Es versteht sich von selbst, dass die Hauptwirkung der Maschine darauf beruht, dass der Stempelboden, der Cylinderdeckel, samt dem Lederwulst, welcher die Stempelstange umgiebt, vollkommen dicht halten; denn wenn, die geringe Wassermenge, welche bei jedem Pumpenzug eingetrieben wird, einen Ausweg durch einen Leck finden sollte, so wäre die ganze Wirkung der Maschine verloren.

Fig. 1. Fig. 3. *F G* Die beiden Injectionspumpen, mit ihren Stempeln, Pumpenstangen und Zubehör.

Fig. 1. *H* Ein Dynamometer (Kraftmesser); der Durchmesser seines Stempels verhält sich zu dem des Cylinders = 1:2560. Die darüber angebrachte Hebestange verfünffacht die Zahl, so dass sie 12800 wird, oder so, dass 1 Loth Vict.-Gew. am Ende der Hebestange entspricht 1 Schiffb Druck auf den Boden des Stempels. — Das kürzere Ende der Hebestange hat überdiess einen Haken, an welchem die Friction der Maschine, vermittelt eines besondern Lots ins Gleichgewicht gebracht wird, ohne in die vorigen Rechnungen mit einzugehen.

Fig. 1. Fig. 2. *I* Ein Handgriff von Eisen, an dem obern Ende einer Eisenstange befestigt, an ihrem untern Ende ist ein Hahn von Metall *a* (Fig. 1.), vermittelt dessen das Wasser durch den im untersten Falz des Cylinders befindlichen Canal abgezapft werden kann. Dieser Canal findet sich Fig. 1. mit *a*, *b* bezeichnet.

K Ein Kasten von verzinnem Kupfer, um das Wasser, welches für die Maschine erforderlich ist, aufzubewahren.

Fig. 2. *LL* Ein Messingdach, zur Bedeckung des Cylinders.

Fig. 1. 2. *MM* Eine Platte von Gusseisen, auf welcher der Cylinder ruhet (S. Fig. 3.) Sie hat im Boden dieselbe Rundung, wie die auswendige Peripherie des Cylinders, und ist mit vielen kleinen emporstehenden Falzen in die Quere und nach innen versehen, welche als Stützpunkte für die Hebestangen dienen mit welchen der Stempel wieder ausgezogen werden muss, um die Wirkung zu erneuern; dieses kommt mehrentheils ein- oder mehreremal unter jedem Zerreißungsversuch vor.

Taf. II. Fig. 3.

zeigt in einem noch einmal so grossen Maasstab *) die Maschine an dem Ende, wo die Injectionspumpen angebracht sind.

NN, *oo* Zwei Metallscheiben, mit ihren Erhöhungen *P*, *Q*, in welche die Pumpenstiefel eingebohrt sind.

P Die kleinere Pumpe, mit ihrem konischen Injectionsventil, von 2 Decimalinien.

Q Die grössere Pumpe; ihr Injectionsventil ist 2 Dec. Lin. Man kann sich dieser Pumpen abwechselungsweise oder zu gleicher Zeit bedienen. Die grössere erfordert mehr Kraft und ist wirksamer. Die kleinere ist besonders dienlich, wenn das Pumpen vorsichtig geschehen muss, damit nicht eine Eisenstange, durch zu grosse Gewichtsauflage, eine bleibende Verlängerung erleiden möchte, welches, im Betracht der Inertia des Schwanzes und der Gewichte, bei unvorsichtigem Pumpen statt finden kann. Die Ventile sind von Stahl, ihre konischen Köpfe sind abgedreht und so eingelassen, dass sie vollkommen luftdicht halten. Ihre Lager sind gleichfalls rund gedreht und

*) Als die Fig. 1. und 2.

gleich dick, so dass sie durch ihre Löcher passen. Um aber dem Wasser Raum zu lassen, an ihnen vorbei aufzusteigen, so sind sie zu dreikantigen Prismen abgefeilt. Taf. II. Fig. 3. zeigt in *T* das grössere Ventil in seiner natürlichen Grösse.

RR am untern Ende der Canäle, in welchen die Pumpen sich bewegen, eingeschraubte Messingröhren; an ihrem obern Ende sind ähnliche Ventile (wie die obigen) angebracht, um das Wasser zurückzuhalten, welches mit jedem Pumpenzug aus dem Wasserkasten in die Höhe gehoben wird.

Unter den Verbesserungen — in der letztern Zeit — ist auch diese, dass der Pumpenstiefel nicht mit besonderer Genauigkeit gebohrt seyn muss, sondern im Gegentheil $\frac{1}{8}$ Zoll weiter als der Stempel gemacht wird, blos dieser ist sehr gut abgedreht und cylindrisch; die an dem obern Ende eingeschraubte Metallhülse ist hinlänglich, um unter dem Beitritt von zwischengelegtem Leder vollkommen dicht zu halten. Wenn der Stempel fertig ist, so nimmt man zu diesem Ende ein rundes Stück eben recht dickes und wohl gegerbtes Kalbleder, welches im Wasser eingeweicht und ausgewunden wird. Man macht mitten durch diesen Lederlappen ein so kleines Loch, dass der Stempel mit Mühe durchgedrängt werden kann. Dann wird das Leder an den Stempel geklemmt und mit einem feinen Faden so aufgewickelt, dass man einen Hals von $\frac{1}{4}$ Zoll Höhe bekommt. Dieses Stück nimmt dann die Gestalt eines kleinen auf und nieder gewendeten Huts an, dessen oberster flacher Theil am Wirbel weggeschnitten ist (siehe Fig. S.). Es ist dann ganz natürlich, dass, je grössern Druck das Wasser leidet, desto mehr das Leder an den Stempel anpresst. — Beim Einschrauben der vorhin genannten Metallhülse wird der Rumpf des kleinen Huts angeklemt, wodurch der Ausgang, auf diesem Wege, dem Wasser fast vollkommen verwehrt ist.

Dass der Stempel, während des Gebrauchs, vollkommen mit Talg oder Baumöl geschmiert wurde, je nach der Temperatur des Zimmers (der Beschaffenheit der Jahreszeit) versteht sich von selbst.

VV zwei Messinghülsen, an den obern Enden der Metallscheibe festgeschraubt, damit die Stempel beständig vertikal sich bewegen.

§. 26. Die Hebestange von Gusseisen, deren wir uns zur Bestimmung des Kräftemaasses bedienten, mit welcher die FULLERsche Maschine wirkte, kommt in der Taf. III. nach einer grössern Skala vor, um ihren Bau und die Art, wie

sie, von uns der Schwanz der Maschine genannt, wirkte, zu zeigen. Nämlich in Fig. 1. im Durchschnitt, und Fig. 2. aufgestellt.

Taf. III. *B* ist das Fussgestell,

D das Ende der groben Gusseisenstange,

h der Holzklotz mit Glasscheibe,

i worauf der Stangenzirkel stand,

e f der eine Wagen, in welchem

g das Ohr befestigt war, mit

n der Mutter.

Dieses Ohr griff mit einer Schneide in den Schwanz bei *b* (Fig. 1.) ein. Das eigene Gewicht des Schwanzes suchte ihn um die Schneide von Gusseisen (*a* Fig. 1., *aa* Fig. 2.) zu drehen. Mittels der Stellschraube *s* (Fig. 1.) konnte diess Ende des Schwanzes erhöht und sachte niedergelassen werden, bis die Schneide des Gusseisens und der entsprechende Einschnitt im Schwanze in Contact kamen. Diese Gusseisenschneide gehörte zu einem starken Eisenstück, welches mit Macht an das Fussgestell *B* befestigt war.

c c Fig. 1. zeigt den Eisenhaken mit doppelten Schneiden; die obere wurde benutzt, wenn die Wagschaale *G* (Taf. I.) angewandt wurde, um die eigene Kraft des Schwanzes zu erhöhen; die andere, um die Rolle *m* (Taf. I.) zu benutzen, wenn durch Gegengewicht die Kraft des Schwanzes vermindert werden sollte. Die Stellen, wo diese Schneiden wirkten, waren am Schwanze bezeichnet.

Um genau ausmitteln und bestimmen zu können, mit wie grosser Kraft der Schwanz, allein durch sein eigenes Gewicht, in einer der FULLERschen Maschine entgegengesetzten Richtung wirkte — oder, was dasselbe ist, mit wie grosser Kraft die Maschine wirken musste, um den Schwanz von seiner Unterstützung in *F* zu erheben, und ihn wagrecht zu erhalten — versah Herr HAMMARSKÖLD den Schwanz, schon bei der Construction des Modells, mit einer Ecke *o* (Fig. 1.), welche bei einer horizontalen Lage des Schwanzes in einer vertikalen Linie mit *a* und *b* lag (Taf. III. Fig. 1.). Wenn nun des Schwanzes eigene Wirkung ausgemittelt werden sollte, liess man diese Ecke *o* (Taf. I. Fig. 3.) auf einer festen Fläche *g* ruhen, während das vordere Ende des Schwanzes, in der Linie *dk* (nach welcher eben die späterhin unter den Versuchen angehängten

Gewichte wirkten), auf der scharfen Kante eines Stahlprisma ruhte, welches auf der Wagschaale f lag. Die Höhe der Fläche g war so abgemessen, dass der Schwanz in seine richtige Lage kam, wenn eine Wagschaale mit der andern im Gleichgewicht stand. Wenn nun der Schwanz auf der festen Fläche g mit der Spitze o ruhte, wirkte er dem Punkte P mit 202,0625 ℔ Münzgewicht = 5,0059 L℔ Vict.-Gewicht, auf der Wage entgegen.

Die Wagschaale G (Taf. I. Fig. 1) wog mit Ringen und Seilen 32 ℔ 1 Loth Münzgewicht = 15,886 ℔ Vict.-Gewicht, und der Eisenhaken co (Taf. III. Fig. 1.) ungefähr $1\frac{1}{2}$ ℔ Vict.-Gew.

Um das Maass zu bestimmen, womit die FULLERsche Maschine wirkte, war nunmehr bloss erforderlich, das Verhältniss zwischen den Linien ab und ac (Taf. III. Fig. 1.) und den Winkel, den sie mit einander machten, zu kennen; so dann die Gewichte aufzuzeichnen, womit die Wagschaale G (Taf. I. Fig. 2.) belastet wurde. — Um die Linien ab und ac zu messen, wurde der Schwanz 90 Grad um seine Achse herumgedreht, und zwar an dem Gestell, das er während der Versuche hatte; dadurch kamen die Vertiefungen (die Kanten der Einschnitte) bei bac in eine lotrechte Lage; diese wurde durch beschwerte Seidenfäden bemerkt. Wenn nun diese lotrecht gerichtet waren, so musste das Blatt QQQ Taf. III. Fig. 1. des Schwanzes horizontal liegen; ungefähr einen Fuss unter dem Schwanze wurde ein Richtmass ebenfalls horizontal gestellt, dessen geradstehende Seite die von a und c niederhängenden Seidenfäden berührte. Mit Hülfe eines Winkelhakens konnte man nun Abstand und Lage eines Punkts bestimmen, in welchem der vom Winkel b niederhängende Seidenfaden die Ebene der Richtscheibe schnitt. Wir fanden $ab = 50,00$ Decimallinien, und halten diess für genau bis auf 0,05. Dieser Abstand ist = dem Hebelsarm, an welchem die Spannung in der Presse wirkt, um den Schwanz um die Kante a zu drehen. Wir fanden hiebei zugleich, dass der Winkel cab (Taf. III. Fig. 1.) etwas kleiner war als 90° ; nämlich so, dass das $\cos. cab = 0,8$ Dec. Lin. war (der Winkel demnach $89^\circ 5' 4''$. Der Uebers.). Der Abstand*) zwischen den von a und c (Taf. III. Fig. 1.) niederhängenden Seidenfäden betrug 1001,3 Dec. Lin. Demnach spannte der Schwanz, wenn er wagrecht lag, die Eisenstange mit

*) Diess ist der Hebelsarm für die Wagschaale; sein Verhältniss zu dem kleinern ist $\frac{1001,3}{50} = 20,026$.

Daraus ergeben sich, da ein Schiff ℔ = 20 L℔ , die folgenden Zahlen.

Der Uebers.

5,01303 Schiffß Vict.-Gew., und jedes Lß Vict.-Gew., das am Schwanz bei *c* hing (Taf. III. Fig. 1.) wirkte mit 1,00143 Schiffß Vict.-Gew.

Da das eigene Gewicht des Schwanzes zu gross war, um z. B. die Spannung von 1 Schiffß anzuwenden, wurde er vermittelt einer über die Rolle *m* (Taf. I. Fig. 1. 2.) gehenden Schnur erleichtert. Dabei wurde der Haken *d* *q* umgewendet, so dass der eigentliche Haken *q* aufwärts kam und einen andern fasste, der in dem einen Ende der Schnur festgeknüpft war. Die Schnur, welche über die Rolle *m* lief, war an dem andern Ende mit einem zweiten Haken verbunden, an den die Gewichte gehängt werden konnten. Die Achsen der Rolle lagen, zur Verminderung der Friction, auf ebenen Pfannen, und waren $1\frac{3}{4}$ Dec. Lin. im Durchmesser. Jedesmal, so oft die Rolle zur Benützung kam, wurde ihre Lage berichtigt, so dass die Achsen dieselbe Richtung hatten, wie der Schwanz, und die Schnur wurde vom Schwanz aus, in seiner wagrechten Lage, lotrecht in die Höhe gespannt. Die Haken, womit auf beiden Seiten die Schnur belastet war, wogen $2\frac{1}{2}$ Loth gegen einander; womit also der Schwanz belastet werden musste, damit die Anwendung dieser Haken den Werth der Gewichte nicht verrückte.

Betrachten wir nun die Art, wie wir die Kraft bestimmten, womit die Presse die Eisenstange spannte, so scheint keine bedeutende Friction einen Irrthum in die Messung bringen zu können. Denn die Eisenstange *d* *d* (Taf. I. Fig. 1.), zwischen den beiden Wagen *b* *c* und *e* *f* befestigt, muss nothwendig, in Folge ihrer Spannkraft, dieselbe Spannung, nach ihrer ganzen Länge, erleiden. Das Maass dafür, welches der Schwanz angiebt, braucht also nicht des Wagens *c* *d*, sondern einzig des Wagens *e* *f* Friction; und ausser dieser letztern findet sich keine Störung in dem Maass für den Schwanz und die Wagschaale; denn der Kraftverlust, der möglicherweise bei des Schwanzes Wendung, um die Schneide *a* *a*, statt finden könnte, ist wahrscheinlich eben so unmerklich, als schwer zu bestimmen. Nun muss aber die Friction des Wagens *e* *f* ganz gering seyn; denn der Druck, den die Eisenstangen *D* *D* von ihm leiden, ist unwillkührlich = 0, wenn alle Theile vollkommen gerade sind, die Eisenstangen central eingesetzt, und die Presse und der Schwanz nach der Achse der Eisenstange wirken. Dass hier gleichwohl Friction vorhanden war, zeigte sich unter den Versuchen, ob wir gleich Ursache haben, dieselbe als ganz gering anzusehen. Doch um sie so gering als möglich zu machen, wurden die Seiten der

Gusseisenstangen DD , an welchen der Schlitten ef laufen sollte, mit Talg beschmiert.

Wenn nun die Dehnung (d. h. von der Spannkraft herrührende Verlängerung, ohne Störung in der Richtung der Fibern) einer Eisenstange untersucht werden sollte, fing der Versuch damit an, dass man bei 1 Schiff $\text{\textasciitilde}$ Spannung die Länge zwischen den aufgerissenen Strichen bestimmte. Die mögliche Biegung der Stange sehen wir, bei dieser Spannung, als bereits durch Ausstreckung aufgehoben an, und die Senkung in der Mitte für unschädlich, da sie, von dem Gewicht der Stange herrührend, durch keine Spannung ganz aufgehoben werden kann. Diese Niedersenkung der Stange, in der Mitte, betrug gewöhnlich 1 Dec. Lin. bei 1 Schiff $\text{\textasciitilde}$ Spannung. Wenn diese bei 10 Schiff $\text{\textasciitilde}$ verschwand, so wurde die Länge dadurch um 0,0015 verrückt. — Eine genaue Einsetzung der Stange war allzeit nöthig; denn ein Fehler hierin hatte eine Biegung der Stange zur Folge, welche sogar noch bis zu einem gewissen Grad von Belastung zunahm. Daher wurde die Einsetzungsweise der Stange, vor dem Beginnen der Dehnungsbeobachtungen, also untersucht, dass, ehe die Presse den Schwanz aufzog, hastig das Ventil *I* Taf. II. geöffnet wurde; dadurch wurde das Wasser abgezapft, und die Spannung der Stange hörte auf. Nahm nun die Stange ihre ungespannte centrale Stellung wieder an, so war die Einsetzung richtig; wo nicht, so musste die Befestigung (der Stange) geändert werden, bis sie die Probe aushielt.

Von 1 Schiff $\text{\textasciitilde}$ Spannung ging man gewöhnlich zu 4, 7, 10 über. Die Spannung von 1 Schiff $\text{\textasciitilde}$ erhielt man so, dass man an das eine Ende der Schnur, welches über die Rolle laufend, mit dem Schwanz verbunden war, 4 L $\text{\textasciitilde}$ hing, dadurch war also der Haken q (Taf. III. Fig. 1.) ohne allen Einfluss, wenn der Schwanz mit $2\frac{1}{2}$ Loth belastet wurde, gemäss dem, was oben angeführt worden. Auf dieselbe Weise wurde auch des Hakens eigenes Gewicht mit 4 Schiff $\text{\textasciitilde}$ Belastung aufgehoben. Aber bei 7 Schiff $\text{\textasciitilde}$ benützte man

eigenes Gewicht des Schwanzes	5,0059 L $\text{\textasciitilde}$
Wagschaale	0,7493 »
zugelegte Gewichte	1,2000 »
Zusammen in Betrag	<u>7,0002 L$\text{\textasciitilde}$</u>

diess entspricht ziemlich genau 7 Schiff $\text{\textasciitilde}$ Spannung an der Stange. Dabei war jedoch auch der Haken wirksam, ohne dass er in die Rechnung mit aufgenom-

men worden; was ungefähr $\frac{1}{90}$ des Ganzen ausmacht. Vermehrt sich die Friction zwischen dem Wagen ef (Taf. I. Fig. 1.) und der Eisenstange nicht gleicherweise mit der Belastung, so ist diess ein Fehler. Vermehrt sie sich dagegen mit der Belastung, so wirkt diese Ausserachtlassung möglicherweise mit zur Verminderung des Fehlers im Einfluss der Reibung. Der letztere Fall scheint uns der wahrscheinlichere. Inzwischen, und in Betracht dieser Unsicherheit in Beziehung auf Friction, haben wir die Wirkung des Schwanzes auf die Spannung der Eisenstange genau = 5 Schiff $\text{\textasciitilde}$ angenommen, und die Wirkung eines jeden L $\text{\textasciitilde}$ auf der Wagschaale $G = 1$ Schiff $\text{\textasciitilde}$ Vict.-Gew. Während der Versuche fanden wir uns bisweilen genöthigt, Beobachtungen wegen eintretender Besonderheiten zu verwerfen, die wahrscheinlich von der fehlerhaften Einrichtung des Schwanzes herrührten. Solche Beobachtungen wurden wiederholt.

Um die wagrechte Lage des Schwanzes zu bestimmen, wurde ein Holzstück an das eine Bein P des (höhern) Bocks H (Taf. I. Fig. 1. 2.) befestigt; es ruhte auf dem Schwanz und reichte bis an das andere Bein P' des Bocks. Beweglich um den ersten Punkt, zeigte die Bewegung des Holzes am andern Ende, am zweiten Fuss, eine Erhöhung oder Senkung des Schwanzes. Die Lage, welche das Holzstück haben musste am zweiten Fuss, wenn der Schwanz horizontal lag, wurde bemerkt. In dieser, oder ungefähr in dieser richtigen Lage wurden alle Beobachtungen gemacht *).

§ 27. Tafel IV. Fig. 1. zeigt den mikroskopischen Stangenzirkel im Grundriss, und Fig. 2. im Profil und Durchschnitt. Die Stange A , von festem Holz, ist 7 Fuss lang, 3 Zoll breit und $4\frac{3}{4}$ Zoll hoch. An ihrer untern Seite sind Messinglager BB fest geschraubt, 4 Zoll von jedem Ende; in diese sind Messingscheiben C und C' eingepasst, und werden an dem Lager vermittelt der Schrauben DD' festgehalten; diese gehen durch die langen Oeffnungen EE , und gestatten auf diese Weise das Hin- und Herführen der Scheiben winkelrecht mit der (Länge der) Stange. An dem einen Ende der Scheibe C' ist das eine Mikroskop befestigt. An dem entsprechenden Ende der andern Scheibe C ist ein, mit ihr angegossener, Rahmen G , und in demselben ein beweglicher Schieber äusserst genau eingepasst, in welchen das andere Mikroskop eingesetzt ist. Wir nannten Schieber, was mit dem Blech H bedeckt ist,

*) Die Buchstaben fehlen in der Figur.

woran die Mutter für die Mikrometerschraube *S* befestigt ist. Diese Schraube ist bei *o* mit einer Kugel versehen, deren eine Hälfte von der einen Seite des Rahmens, und die andere Hälfte von einer daran festgeschraubten Messinghülse umschlossen ist, wodurch die Schraube vollkommen gehindert wird, irgend eine andere Bewegung, als die Umdrehungsbewegung, anzunehmen. Daraus folgt, dass durch die Umdrehung derselben, nach der einen oder der andern Richtung, der Schieber, samt dem Mikroskop, vorwärts oder rückwärts, parallel mit der Stange, bewegt wird. Die an dem äussersten Ende der Schraube befestigte Scheibe von Messing ist in 100 Grade im Umkreis eingetheilt, und vom Ende des Rahmens geht ein Weiser zu dieser Gradeintheilung, wodurch der Scheibe, und also auch der Schraube, geringste Bewegung bestimmt werden kann. Zu äusserst an beiden Enden der (hölzernen) Stange sind die beiden Scheiben *I I'* befestigt, und in der Mitte die Scheibe *K*; durch dieselbe gehen die Stellschrauben *L L L*, welche das ganze Instrument tragen. Diese Schrauben können, mittelst der Schraubenschlüssel *N N N* umgedreht, dadurch das Instrument erhoben und gesenkt, und in eine vollkommen horizontale Lage gebracht werden. Damit überdiess das Instrument, ohne Verrückung, in einer horizontalen Lage hin und her gerückt werden kann, ruhen die Enden der Schrauben auf den vollkommen ebenen, horizontal liegenden Glasscheiben *M M M*.

Der mittlere Abstand zwischen den beiden Mikroskopen ist 6 Fuss, aber mittelst der Mikrometerschraube kann das Mikroskop abwechselnd um 7,5 Linien hin und her geführt werden, wonach also der angeführte Abstand um eben so viel grösser oder kleiner gemacht werden kann. — Die Mikroskope vergrössern 30mal. Sie sind mit einem Fadenkreuz versehen, und überdiess noch mit einem Faden (Haar) auf der Seite des Kreuzes. Vor dem Anfang des Versuchs wurden sie durch die Umdrehung des Tubus am Mikroskop umgedreht und mit der Stange parallel gerichtet; also auch parallel mit der Richtung, in welcher das Mikroskop von der Mikrometerschraube geführt wird. Auch die Mikroskope können erhoben oder gesenkt werden, nach der Beschaffenheit des Auges und der Lage des Gegenstands unter den Ebenen *M M*.

Dieses Instrument wurde von Herrn HELLSTRÖM gefertigt *).

*) Als wir zuletzt diess Instrument erhielten, worauf wir lange gewartet, war die Scheibe *s* an der Mikrometerschraube nicht gradirt; daher wurde diese Gradirung von Herrn MUNCKTELL gefertigt.

Der Werth eines Gangs der Mikrometerschraube, wie auch die Beschaffenheit der Schraube selbst, untersuchten wir an der eisernen Skala, die wir §. 17. beschrieben haben. Um ein sicheres Urtheil, beides über die Güte des Instruments, und den wechselseitigen Zusammenhang der Beobachtungen, an die Hand zu geben, theilen wir ihn ausführlich mit. — Das Schrauben fing an, nachdem die Schraube 2 ganze Umläufe von dem einen Ende nahe an der Handhabe *s* geschoben worden. Als das Fadenkreuz auf Null, bei *y* der Skala der Linie (Taf. X. Fig. 14.), angekommen war, löste man die Schraube ab, und führte sie in derselben Richtung bis und über den nächsten und alle folgenden Theilstriche, I, II, III, IV, und X., Fig. 14. Nach mehrmaligem überschüssigen Umdrehen, wurde die Schraube umgewandt und das Fadenkreuz denselben Weg rückwärts geführt. Nachstehende Zahlen sind aus den Aufzeichnungen entnommen.

Untersuchungen der Mikrometerschraube.

Eintheilung der Skala.	Umläufe der Schraube.		Mittel.	Eintheilung der Skala.	Umläufe der Schraube.		Mittel
	Vorwärts.	Rückwärts.			Vorwärts.	Rückwärts.	
0 bis I	9,633	9,614	9,6218	III — IV	9,194	9,182	9,1846
	9,624	9,617			9,189	9,177	
	9,630	9,612			9,194	9,171	
	9,619	9,622			9,190	9,178	
	9,630	9,617			9,189	9,182	
I — II	9,166	9,160 +	9,1689 +	IV — V	8,860	8,856	8,8532
	9,176	9,177			8,851	8,854	
	9,163	9,179			8,844	8,856	
	9,169	9,168			8,851	8,864	
	9,160	9,171			8,861 —	8,835 +	
II — III	9,254	9,294 —	9,2731 —	V — VI	9,516	9,529	9,5284
	9,261	9,283			9,540	9,522	
	9,279	9,290			9,535	9,527	
	9,260	9,272			9,531	9,520	
	9,259	9,279			9,531 +	9,533	

Eintheilung der Skala.	Umläufe der Schraube.		Mittel.	Eintheilung der Skala.	Umläufe der Schraube.		Mittel.
	Vorwärts.	Rückwärts.			Vorwärts.	Rückwärts.	
VI — VII	9,118	9,110 —	9,1078	VIII—IX	9,080	9,087	9,0871
	9,104	9,095 +			9,087	9,085	
	9,117	9,104			9,089	9,088	
	9,104	9,102			9,086	9,095	
	9,107	9,117			9,088	9,086	
VII—VIII	9,186	9,189	9,1864 —	IX—X	9,013 —	9,005	9,0082 —
	9,186	9,195 —			9,008	9,011	
	9,183	9,187			9,008	9,010	
	9,192	9,184			9,003	9,007	
	9,184	9,178			9,004	9,013	

Das Thermometer variirte von $+ 19^{\circ},75$ bis $+ 20^{\circ}$; also das Mittel $+ 19^{\circ},96$. Darum nehmen wir die den Skalenabtheilungen entsprechenden Werthe als für $+ 20^{\circ}$ gültig an. Nachstehende Tabelle zeigt das Verhalten der Mikrometerschraube.

T a b e l l e
über die Mikrometerschraube.

Theilung.	Maass in schwed. Dec. Lin.	Mittelzahl der Schraubenumläufe	Werth eines Schraubengangs.
Obis I	1,04504	9,6218	0,10861
I — II	0,99914	9,1689	0,10897
II — III	1,00784	9,2731 —	0,10868
III — IV	0,99834	9,1846	0,10870
IV — V	0,96554	9,8532	0,10906
V — VI	1,03724	9,5284	0,10886
VI — VII	0,99224	9,1078	0,10894
VII—VIII	0,99984	9,1864	0,10884
VIII—IX	0,99024	9,0871	0,10897
IX — X	0,98174	9,0082 —	0,10898

Der mittlere Werth eines Schraubengangs *), in schwedischen Dec. Lin., ist demnach 0,10886, wovon die Differenz des grössten Werths 0,00020, und des kleinsten 0,00025 = $\frac{1}{40000}$ schwedische Decimalzoll beträgt; eine Grösse, welche jenseits der Beobachtungsgewissheit liegt. — Bei allen unsern Beobachtungen mit dem Mikrometer brauchten wir blos den Theil IV — V der Eisenskala und den ungefähr demselben entsprechenden Theil der Schraube. Nach dem Schluss der Beobachtungen wurde eine Berichtigungsmessung genommen. Zwischen IV und V machte die Schraube vorwärts 8,868 Umläufe, und rückwärts 8,850; man hielt desshalb eine weitere Untersuchung für die Gewissheit nicht weiter nöthig. Inzwischen nahm man 8,853 Umläufe bei der Berechnung an, und den Werth eines Schraubengangs 0,1090654 (dessen Logarithme 0376798 — 1).

D e h n u n g.

§. 28. Wir gehen nun zu der Art über, die Dehnungsversuche zu bewerkstelligen **), und berufen uns hiebei, was die genaue Einsetzung der Stange betrifft, auf das, was bereits §. 26. angeführt worden ist.

Als man die Presse in Bewegung setzte, war eine Friction von 2 bis 3 Schiff $\text{\textasciitilde}$ da; nachdem sie aber in Bewegung begriffen war, fand sich die Friction bedeutend vermindert, wie nachstehende Beobachtungen beweisen. — Der Schwanz, belastet mit 3,5 Schiff $\text{\textasciitilde}$ konnte den Stempel der Presse nicht in Bewegung setzen; nur mit 3,3 belastet, war sein Gewicht überflüssig. Sonach fand sich die Friction ***).

$$< 5 \text{ Schiff}\text{\textasciitilde} - 3,35 = 1,65$$

$$< 5 \text{ „} - 3,4 = 1,60$$

$$= 5 \text{ „} - 3,35 = 1,65$$

$$< 5 \text{ „} - 3,325 = 1,675$$

Daraus erhellt, dass die Friction in der Presse ungefähr 1,666 Schiff $\text{\textasciitilde}$ Vict.-Gewicht betrug. Daraus folgte, dass man mit 1 Schiff $\text{\textasciitilde}$ Spannung keine

*) Der absolute Werth der Skalenabtheilungen ist oben §. 17. bestimmt.

Der Uebers.

**) Obgleich anfangs nicht ohne Misstrauen in die Möglichkeit, auf diese Weise eine hinlängliche Genauigkeit, in Rücksicht auf die Bewegung der Gegenstände zu erhalten, nahmen wir doch diesen von Herrn CRONSTRAND herrührenden Vorschlag an, und erkennen, dass er nicht nur der beste war, sondern auch, dass man dabei, wenn nicht eine überflüssige, doch eine hinlängliche Sicherheit erhielt. — Bei der Anwendung des Stangenzirkels auf die (von Herrn CRONSTRAND angestellte, pag. 46.) Pendulversuche waren die Gegenstände — die zu messenden Theilstriche — in Ruhe.

***) Der Schwanz wirkte durch sein eigenes Gewicht mit 5 Schiff $\text{\textasciitilde}$. S. §. 26.

Der Uebers.

Bewegung in der Eisenstange hervorbringen konnte. Bei den niedrigsten Spannungsgraden war also die Beobachtungsart sehr einfach.

Das Tageslicht war nicht hinreichend, um die Theilstriche zu beleuchten, wie es zur Coincidenz mit dem Fadenkreuz erforderlich war. Dieser Schwierigkeit half ein ganz einfaches Mittel ab, dessen sich Herr CRONSTRAND bei den Beobachtungen über die Pendulversuche bediente und uns gefälligst mittheilte. Wir befestigten nämlich kleine Spiegel, doch hinlänglich gross, um Licht auf die Theilstriche zu werfen, auf starkes Papier, welches den Spiegel in jede erforderliche Ebene bringen konnte. — Der eine Beobachter richtete das unbewegliche Mikroskop des Stangenzirkels, an dem einen Ende der Eisenstange, auf den Theilstrichen ein, und fuhr fort die Stellung des Stangenzirkels zu bewachen, so, dass keine Verrückung eintreten konnte, ohne sich erkennen zu geben und berichtigt zu werden. Darauf wurde die Mikrometerschraube vom andern Beobachter auf den Theilstrich am andern Ende der Stange geführt, wobei z. B. die Schraube auf 0,154 stand. Nun wurde der Stangenzirkel mitten über die Eisenskala gerückt, welche, unter allen Dehnungsversuchen, neben der Stange lag, wie Taf. I. ausweist. Der erste Observator stellte nun das feste Mikroskop über den Theilstrich der Skala bei 6 Fuss (Taf. X. Fig. 13.), worauf der andere Observator das bewegliche Mikroskop auf den Theilstrich auf der Skala schraubte, den er nach der Richtung der Schraube zuerst traf. Zufälligerweise war die Stange Nro. 1. zwischen ihren Endstrichen so lang, dass der Linienstrich IV. auf der Skala (Taf. X. Fig. 14.) zuerst getroffen wurde. Wenn nun die Länge der Skala bei der über jedem Versuch beobachteten Temperatur $= s$ war, so wissen wir aus dem vorhergehenden Paragraph, dass die vom Stangenzirkel umfasste Länge der Skala $= s + 8,853$ Schraubenumläufe ist. Nun stand die Mikrometerschraube, nach 8 ganzen Umläufen, z. B. auf 0,764, also hatte sie *) 8,610 Umläufe gemacht. Das Schrauben wurde mehrmals fortgesetzt, worauf man sie umwandte; dann wurde zuerst auf der Skala beobachtet, dann auf der Stange, und der Abstand fand sich 8,631. In Betracht der grössern relativen Güte der letztern Beobachtungen wurde das Mittel zu 8,625 angenommen. Zieht man nun diess von $s + 8,853$ Uml. ab, so ergibt sich die Länge der Stange $= s + 0,228$ Uml. bei der Spannung von 1 Schiffŭ.

*) Denn die Schraube stand ursprünglich, wie oben beispielsweise angenommen worden, auf 0,154 und 0,764 — 0,154 = 0,610. Der Uebers.

Die Stange wurde nun mit IV Schiff $\bar{u}$, nach der im §. 26. gemeldeten Weise, gespannt. Bei dieser Spannung war die Friction der Presse weit überschritten, darum konnten die Endstriche der Stange in den Mikroskopen unmöglich stille stehen, in sofern die Presse nicht absolut dicht war. Eine Bewegung fand demnach statt, von dem kleinen Leck herrührend, den die Presse hatte. Es fand sich, dass diese Bewegung bei grössern Spannungen grösser war; aber zu unserer Verwunderung war dieser Leck doch so äusserst klein, dass noch bei 25 Schiff $\bar{u}$ Spannung Mikrometerbeobachtungen gemacht werden konnten, deren Resultat nicht um 0,020 Umläufe variirten. (Siehe in der 2ten Abtheilung die Stange Nro. 51.) Ohne den hohen Grad von Vollkommenheit, womit der Cylinder der Presse gebohrt war, sein Stempel abgedreht, und alle Bedeckungen und Ventile dicht, hätten Beobachtungen der Art unmöglich mit der gehörigen Genauigkeit bei so hohen Spannungen, wie die gegenwärtigen, angestellt werden können. Damit geben wir zugleich Rechenschaft von unserm in der Note zum Anfang des §. 25. mitgetheilten Urtheil. — Inzwischen hatten die Striche der Stange eine continuirliche Bewegung — die eben angeführte Beobachtungsweise war demnach nicht anwendbar. Das Fadenkreuz des festen Mikroskops wurde nun von dem einen Beobachter so gestellt, dass der Strich der Stange, während ihrer Bewegung, unter demselben durchgehen musste, worauf er mit einem scharfen Laut den Augenblick zu erkennen gab, wann der Strich der Stange unter dem Faden durchging. Der andere Beobachter, der zum voraus die Schraube in die gehörige Richtung gestellt hatte, konnte danach finden, ob der Stangenzirkel genau die Stange fasste oder nicht. Im letzten Fall wurde die Schraube bewegt, der Stangenzirkel vom ersten Observator so geschoben, dass die Theilstriche der Stange aufs Neue durchgehen mussten. Aus der Coincidenz fand der andere Beobachter, ob die Schraube hinlänglich bewegt worden; wo nicht, so wurden diese Durchgänge wiederholt, bis beide Observatoren gleichzeitige Coincidenz hatten. Dazu wurden anfangs manche Beobachtungen erfordert, viele derselben missglückten, entweder wegen zu starker Bewegung der Schraube, oder wegen fehlerhafter Angabe der Coincidenz; Umstände, welche, ehe eine Aufzeichnung statt finden konnte, besonders durch die Wiederholung des Durchgangs untersucht werden mussten. Zur Richtigkeit einer solchen Durchgangsbeobachtung war überdiess der wichtige Umstand erforderlich, dass die Stange in ihrer richtigen Spannung sich befand. In dieser Hinsicht war es nicht blos genug, dass der

Schwanz central wirkte, d. h. dass er längs der ganzen Kante aa , Taf. III., anschlug, sondern zugleich, dass die Lage des Schwanzes horizontal war und die Stange wieder den Status permanentiae, in Beziehung auf die Spannung, angenommen hatte. Die erste Bedingung erforderte, dass alle Beobachtungen, während der Schwanz etwas oberhalb, unterhalb oder in der horizontalen Lage war, angestellt wurden; das Holzstück §. 26. diente, um in dieser Hinsicht die Grenzen der Beobachtungen anzugeben. Die letztere Bedingung forderte, dass der höhere Spannungsgrad, den die Stange annahm, während des in die Höhe Pumpens des Schwanzes durch Ueberwindung seiner und der Gewichte *Vis inertiae*, hinreichte, um in den durchs Gleichgewicht bestimmten Zustand überzugehen. Wir fanden es — um alle von diesem Umstande herrührende Verwirrung zu vermeiden — für nöthig, zuerst und vor allem die Stangen sachte bei höhern Spannungen aufzupumpen, und daneben das Aufpumpen fortzusetzen, bis der Schwanz eine solche Höhe erreicht hatte, dass noch für die Eisenstange hinreichende Zeit, ehe ihre zur Beobachtung gehörige Lage eintraf, übrig blieb, um ihren richtigen Spannungsgrad anzunehmen.

Die Dehnung der runden Stangen wurde gewöhnlich bei 1, 4, 7 und 10 Schiff $\bar{t}$ Spannung untersucht, die vierkantigen gewöhnlich bei 1, 5, 9 und 13. Wenn eine gewisse Belastung, welche die ursprüngliche Spannkraft des Eisens nicht stören konnte, z. B. 1 bis 7 Schiff $\bar{t}$ für die runden, und 1 bis 9 Schiff $\bar{t}$ für die 4kantigen Stangen, weggenommen wurde; so nahm die Eisenstange ihre ursprüngliche Länge wieder an. Für jede Stange wurde die Belastung untersucht, welche den ursprünglichen Spannungszustand der Stange überwältigte. Diese Untersuchung geschah gewöhnlich auf die zweite Weise, nämlich dadurch, dass, nachdem die Schraube z. B. bei 10 Schiff $\bar{t}$ Belastung die Mikroscope auf die Theilstriche der Stange eingestellt hatte, man der Stange die Spannung von 1 Schiff $\bar{t}$ zurückgab, und die Bewegung der Schraube aufzeichnete, die erforderlich war, um die Mikroscope so einzustellen, dass sie die nunmehrige Länge der Stange fassten. Diese Bewegung betrug z. B. bei der Stange Nro. 2. 3,001 Umläufe, wogegen die Summe der auf die oben angeführte Weise gefundenen Dehnungen 3,015 Umläufe betrug. Weil diese Ziffern nicht mehr von einander unterschieden sind, als ein möglicher Beobachtungsfehler verursachen konnte, so urtheilte man, dass die Stange Nro. 2. bei der Spannung mit 10 Schiff $\bar{t}$ keine Streckung — permanente Spannung — erlitten hatte. Doch wurde zu

grösserer Gewissheit der Versuch mit 1 Schiff $\bar{u}$ auf die angegebene Weise wiederholt, woraus das Resultat erfolgte, dass diese Schraubenbewegung die Länge der Stange zu $s = 0,768$ Umläufe bestimmt, und der Rückgang der Schraube zu $s = 0,761$ Umläufe; daraus ergiebt sich das Mittel $s = 0,7645$ Uml., welches sich so wenig (um 0,0045 Uml.) von dem schon erhaltenen unterscheidet, dass die Unsicherheiten der Beobachtung viel grösser sind. Die Stange Nro. 2. wurde hierauf mit 11 Schiff $\bar{u}$ belastet, dann ihre Länge bei 1 Schiff $\bar{u}$ Belastung wieder von Neuem untersucht und um weniges geringer gefunden; ein Zeichen eines Beobachtungsfehlers und dass keine Streckung statt gehabt hatte. — Bei diesen Beobachtungen hing doch der Ausschlag sehr von der Art ab, wie man den Schwanz aufpumpte.

Im Vorbeigehen haben wir schon angemerkt (s. Note zu §. 13. Seite 24.), dass die Kraft, welche die Spannkraft verändert, keineswegs den Zusammenhang der Theile überwältigen kann, obgleich sich deren ursprüngliche Lage ändert *). Die Eigenschaft, welche die Möglichkeit dieses Phänomens voraussetzt, haben wir die Verschiebbarkeit genannt. **).

Wenn diese Eigenschaft dadurch auf die Probe gestellt wurde, dass man die Stange einer grösseren Spannung aussetzte, als ihre ursprüngliche Spannkraft ertragen konnte; so war es ganz natürlich, das Maass und die Grenze für die

*) Herr YOUNG sagt (s. A course of Lectures on natural philosophy and the mechanical arts; London 1807, Vol. I. pag. 141.) A permanent alteration of form is most perceptible in such substances as are most destitute of rigidity, and approach most to the nature of fluids. It limits the strength of materials with regard to practical purposes, almost as much as fracture, since in general the force which is capable of producing this effect, is sufficient, with a small addition, to increase it till fracture takes place. (Eine bleibende Gestaltänderung ist in solchen Substanzen meist bemerklich, die am meisten von Starrheit entfernt sind und sich der Natur des Flüssigen nähern. Sie beschränkt die Stärke der Materialien, in Rücksicht auf practische Zwecke, fast eben so sehr als Risse, da im Allgemeinen die Kraft, welche diese Wirkung hervorzubringen im Stande ist, hinreicht, bei einem kleinen Zusatz sie zu vergrössern, bis ein Riss statt findet Der Uebers.). Versuche haben nachher bewiesen, dass die Kraft, welche die Gestalt verändert, blos nach BARLOW (a. a. O. S. 230.) ungefähr $\frac{2}{5}$ der absoluten Stärke beträgt, und nach DULEAU (Annales de Chemie et Phys. T. 12. p. 146.) zwischen $\frac{1}{4}$ und $\frac{2}{3}$. Vergleiche hiemit S. 16.

**) Herr SÄFSTRÖM (s. Annalen des Eisencomptoirs 1820. p. 92.) hat damit (mit dem schwedischen Worte Skufbarhet) übersetzen wollen, was die deutschen Schriftsteller Verschiebbarkeit nennen, und die französischen *mobilité des molecules*. — Wir halten dafür, dass ductility (quality of suffering extension, s. JOHNSONS Dictionary) damit in englischer Sprache entsprechend ist. The more capable a body is of a permanent alteration of form, the more ductile it is said to be. (Je mehr ein Körper einer permanenten Gestaltsänderung fähig ist, desto ductiler heisst er. Der Uebers.) YOUNG a. a. O., den gewöhnlich die englischen Mechaniker, z. B. TREDGOLD, BUCHANAN, citiren.

Spannkraft des Eisens in diesem (neuen, gestreckten) Zustand zu untersuchen. Dazu wurden solche Stangen gewählt, welche bei den Streckungsversuchen einen hohen Grad von Verschiebbarkeit gezeigt hatten; aus diesen wurde ohne Auswahl Nro. 17. und Nro. 51. herausgenommen. Auch da fand sich vollkommen, dass die Spannkraft in bedeutend weiteren Grenzen lag, welches aus den Versuchen selbst, im IIten Theil, sich ergibt. Diese Erweiterung der Spannkraftsgrenze verschaffte uns zuerst die Möglichkeit zur Untersuchung, in wiefern die Dehnung der Kraft proportional ist; ein Satz, welchen alle uns bekannte Schriftsteller gemeinsam annehmen*). Nachdem direkte Dehnungsversuche uns hierüber ein bestimmtes Resultat gegeben hatten, so benutzten wir in derselben Absicht den schon §. 24. beschriebenen Schwingungsstuhl, um (auch) zu untersuchen, ob die Schwingungen für grosse und kleine Winkel gleichzeitig wären.

Strecken und Zerreißen.

§. 29. Um die ungleiche Streckung zu untersuchen, welche die Eisenstangen bei einem ihre ursprüngliche Spannkraft übersteigenden Zug erlitten, wurden die runden Stangen zuerst mit 21 und die 4kantigen mit 28 Schiffth gespannt. Nachdem die Stange all die Ausstreckung, welche diesem Spannungsgrade zugehört, angenommen hatte, wurde die Länge zwischen den beiden Fussmarken (Taf. VI. Fig. 3.) gemessen. Die Aufzeichnungen hiebei finden sich ausführlich im zweiten Theile. Für einige wenige Stangen wurde die Streckung bei mehreren Spannungen untersucht. Diese Messung geschah mit dem Zirkel, und wir sind der Meinung, dass das Resultat vielleicht auf $\frac{1}{10}$ Linie unsicher ist. — Nachdem dieses Maass genommen war, wurde die Wagschaale ferner mit 1 Lth, und noch Zusatz, belastet, bis sie zerriss. Dann wurde wiederum jedes Fusses Länge gemessen, und zuletzt auch die Dimension der abgerissenen Fläche; dieses letztere geschah immer durch zwei Beobachter. Die Aufzeichnung im 2ten Theile weist nach, wie genau diese Messungen mit einander übereinstimmen. — Nach

*) Die Versuche gaben uns anfangs alle Veranlassung, diess Verhalten als wahr anzunehmen. Aber Herr RUDBERG, der sich sehr für diese Versuche interessirte, zeigte aus theoretischen Gründen, dass dieser Satz nicht gelten kann, wenn man die Grenzen, innerhalb welcher diese Phänomene bisher beobachtet worden, hinlänglich erweitert.

dem Zerreißen wurde beobachtet, bei welchem Fuss die Stange zerbrochen; ob die Stange gerade, oder krumm, oder auch verdreht; ob sie überall dicht war, oder sich in Blättchen oder Risse geöffnet hatte, wobei auch der Bruchfläche Korn (faserig, körnig, fein, grob) und Farbe aufgezeichnet wurde. Durch die Beobachtung, an welchem Fuss die Stange zerriss, wurden wir in den Stand gesetzt — z. B. in Beziehung auf die 5te Stange — zu erkennen, dass ein und derselbe Fuss der Stange, also hier zwischen dem 4ten und 5ten Fusszeichen, sich streckte

bei 21 Schiffß um 2,5 Dec. Lin.

» 29 » » 11,8 » »

» 30 » » 17,7 » »

» 31 » » 20,0 » »

Der Fuss, welcher am meisten sich streckte, zerriss. Dass wir 6 Fuss lange Stangen diesen Proben unterwarfen, hatte den Vortheil, dass mehrere Fehler und grössere Ungleichheiten nothwendig sich finden mussten, als wenn man blös kürzere Stücke untersucht hätte. Denn unmöglich kann eine 6 Fuss lange Stange ein grösseres Gewicht tragen, als jeder einzelne Fuss für sich; aber der eine Theil eines ungleichen Eisens wird unwillkührlich weniger tragen, als der andere. Eher findet sich ein Blättchen in einer Länge von 6 Fuss, als von einem; eben so wird die Ungleichheit des Eisens klarer in die Augen fallen bei Versuchen mit längeren, als mit kürzeren Stangen. Bestand diese Ungleichheit darin, dass das Eisen in einem Fuss weicher war, als in dem andern, so ergab sich dieses durch die ungleiche Streckungsgrösse an diesen Füßen zu erkennen. War dagegen das Eisen in einem und demselben Querschnitt ungleich, so musste, im Augenblicke des Zerreißen, die ungleiche zusammenziehende Kraft, welche das harte und weiche Eisen hat, nothwendig der Stange an ungleichen Stellen desselben Querschnitts eine ungleiche Contraction ertheilen; woraus folgt, dass die zwei Theile einer solchen Stange, nach dem Zerreißen, nicht gerade bleiben können. Haben aber diese harten und weichen Fasern, welche in gewissen geschmiedeten Eisenstangen neben einander liegen, unter dem Schmieden sich gedreht; so nehmen die zerrissenen Stangentheile die Beschaffenheit eines Korkziehers an. Man kann leicht aus der Lage der Ungleichheiten in dem Bruch der Rissfläche beurtheilen, gegen welche Seite derselben die Biegung seyn muss, und umgekehrt. Eben so giebt die Dimension der Bruchfläche, auch der Erhitzungs-

grad, welche das Eisen an der zerreissenden Stelle annimmt (siehe oben S. 24.), deutlich das härtere und weichere Eisen zu erkennen.

Grenzen für die Zuverlässigkeit der Resultate; Ort, wo die Versuche angestellt worden.

§. 30. Um den Leser in den Stand zu setzen, die Grenzen zu beurtheilen, innerhalb welcher man dem Resultat der Versuche eine unverwerfliche Gültigkeit zuerkennen muss, ist noch übrig, die Empfindlichkeit der Vorrichtungen und Instrumente, deren wir uns bedienten, anzugeben. Hiebei kommen zuerst diejenigen vor, welche zur Messung von Dimensionen gebraucht wurden.

Die Länge des Seidenfadens (s. §. 21.) variirte gewöhnlich von 0,1 bis 0,2 Linien vom Anfang bis zum Schluss des Versuchs. Mehrere gewalzte Stangen wurden so gleich befunden, z. B. Nro. 15. 18. u. a., dass man an beiden Enden dasselbe Maass erhielt, wie in der Mitte. Der Seidenfaden war die ganze Zeit über durch dasselbe Lot gespannt, und die Messung des (nicht umwickelten) Ueberschusses kann nicht bis auf $\frac{1}{5}$ Linie fehlerhaft seyn; und war also wahrscheinlich nicht mehr als auf $\frac{1}{10}$ Linie ungewiss. Da nun bei den runden Stangen 21 Umwicklungen die Schnur ausmachten, so findet man, dass die Unsicherheit in Bestimmung der Peripherie nicht $\frac{1}{100}$ der Peripherie beträgt, d. h. dass der Durchmesser bis auf $\frac{1}{300}$ genau war. Derselbe Faden liess sich gewöhnlich 17mal um die 4kantigen Stangen umwickeln; daher kann der Perimeter nicht auf $\frac{1}{90}$ ungewiss seyn, d. h. die Seite auf $\frac{1}{300}$. Was die geschmiedeten Stangen betrifft, deren Dimension mit dem Krummzirkel gemessen werden mussten; so überlassen wir es dem Leser, den Sicherheitsgrad, auf den man hiebei rechnen kann, zu bestimmen. Dass die Gewohnheit bei solchen Geschäften ein sicheres Auge gebe, ist genugsam bekannt. Was wir in dieser Hinsicht vermocht haben, ergiebt sich aus den doppelten Angaben zweier Beobachter, oder den zweimal gemachten Messungen, welche meistens vorkommen (siehe den zweiten Theil), z. B. bei der Bestimmung der Dimension für die Bruchfläche. — In den (analytischen) Ausdruck der direkten Dehnung durch Biegung geht der Radius oder die Seite des Querschnitts einer Stange mit der 4ten Potenz ein; eine Ungewissheit bis auf $\frac{1}{300}$ wirkt folglich mit $\frac{1}{80}$ auf das Resultat der Biegung.

Bei der Biegung traf es sich wohl, dass in der einen oder der andern Lage ein verschiedenes Gegengewicht erforderlich war, um die (zu untersuchende) Stange in Horizontalität zu bringen *); daraus ergab sich aber keine Ungewissheit, weil diess von einer Biegung, welche die Stange nach der einen oder andern Seite hatte, herrührte. Die Grösse dieses Gegengewichts geht auch gar nicht in die Bestimmung des biegenden Gewichts mit ein. Man sieht eigentlich daraus diess am klarsten ein, dass bei der Gegenprobe, die bei mehreren Stangen nachher gemacht wurde, und von einem andern Observator als dem, der die erste Beobachtung angestellt, ein kleiner Unterschied in den Elementen für den Biegunscalcul selbst sich findet. Die Stange Nro. 1. z. B., von Herrn HAMMARSKÖLD und dem Verfasser gemeinsam gebogen, wurde in Wasserpass gebracht durch 3 P , in einer Stellung **), wobei 18 P 33° Biegung hervorbrachten. Als der Versuch wiederholt wurde, waren wohl $3\frac{1}{8}$ P zur Horizontalität erforderlich, aber 18 P bogen nichts destoweniger bis 33° . Die Stange Nro. 2. wurde zuerst von Herrn HAMMARSKÖLD in einer Lage, die nur $2\frac{1}{2}$ P zur Horizontalität erforderte, gebogen; von $17\frac{1}{2}$ P ergab sich eine Biegung bis $30\frac{7}{8}$ Grad. Dieselbe Stange, von dem Verfasser gebogen, wurde in Wasserpass gebracht durch $3\frac{1}{2}$ P , und bog sich sodann durch $17\frac{1}{2}$ P auf $31,4^\circ$. Dieser Unterschied, der bis auf $\frac{1}{50}$ geht, ist gewiss bedeutend, und wir glaubten daher Ursache zu haben, dieses letztere Resultat im Calcul zu benutzen. Bei der Bestimmung des zur wagrechten Lage nöthigen Gegengewichts war man unsicher bis auf $\frac{1}{16}$ P , und bei Angabe des Grades, welchen der Weiser γ Taf. V. Fig. 2. zeigte, bis auf $\frac{1}{20}$ Grad. Demnach waren obige $17\frac{1}{2}$ P ungewiss bis auf $\frac{1}{280}$, und die entsprechende $31,4^\circ$ bis auf $\frac{1}{603}$. Dagegen nahmen die Stangen gewöhnlich eine Niedersenkung, während des Versuchs selbst, an, was durch ein kleines Umrollen, das bei der Stange Nro. 2. auf $\frac{1}{4}$ Grad ging, leicht erklärbar ist. In Folge all des Bisherigen glauben wir, dass die Biegung dieser Stange bis $\frac{1}{80}$ des Resultats zuverlässig ist, und bei den meisten Stangen bis auf $\frac{1}{100}$, oder noch einen geringern Theil des Ganzen. — Die Bestimmung der Biegunslänge, bei dieser Stange 600 Lin., war unzweifelhaft bis $\frac{1}{1200}$ Lin. —

*) Siehe oben pag. 58. u. 60.

**) Die Stange lag nämlich ganz frei auf 2 Schneiden als Unterlagen. Taf. VII. Fig. 1.

Die Peripherie der Bieungsrolle, welche den Werth der Grade bestimmt, halten wir bis auf $\frac{1}{10}$ Linie sicher, demnach kann die Messung bei 30° in Bogen nicht auf $\frac{1}{120}$ Linie fehlerhaft seyn, d. h. auf $\frac{1}{12000}$.

Die Elemente, welche in die direkte, aus den Drehungsversuchen abgeleitete, Berechnung der Dehnung eingehen, sind: der Radius des Drehungsrads (der Hebelsarm des Gewichts), das Gewicht, die Länge der (zu untersuchenden) Stange, der Drehungsbogen, und der Radius des Querschnitts der Stange, letzterer in der 4ten Potenz. Der Durchmesser des Drehungsrads = 269,5 Linien kann nicht mehr als bis auf $\frac{1}{2000}$ unsicher seyn; das Gewicht, gewöhnlich 15 bis 18 Ü betragend und darüber, kann nicht fehlen innerhalb $\frac{1}{2000}$; die Länge der Stange, ungefähr 670 Linien, kann nicht mehr als auf $\frac{1}{333}$ ungenau seyn, und ist es wahrscheinlich nicht auf $\frac{1}{600}$; denn die Marken der Befestigungsschrauben waren bloß 2 Linien im Durchmesser, und mehrentheils ganz deutlich zu erkennen. Der Drehungsbogen war, nach unserer Ansicht, bis auf $\frac{1}{10}$ Grad genau; beträgt dieser nur 15° , so ist der Irrthum nur $\frac{1}{150}$ des Ganzen. Die Genauigkeit reducirt sich also bloß auf die bei der Messung der Dimensionen.

Bei der Berechnung der direkten Dehnung aus den Schwingungsversuchen kommen vor: die Schwingungslänge, das Moment der Trägheit, die Schwingungszeit, und die Dimension der Stange. Die Länge, gewöhnlich 660 Linien betragend, kann nicht bis auf $\frac{1}{600}$ ungenau seyn; das Moment der Trägheit, beruhend auf dem Gewicht des belasteten Körpers, der die Schwingungen veranlasst, und vom Quadrat seiner Dimensionen, kann in erster Rücksicht nicht auf $\frac{1}{10000}$ und in der letztern nicht auf $\frac{1}{300}$ ungenau seyn. Doch hatte bei der Gusseisenbüchse *) das Verhalten statt, dass ihr Trägheitsmoment nicht direkt durch Rechnung gefunden werden konnte, sondern durch besondere Versuche ausgemittelt werden musste; wobei drei, gleich geltende, Versuche $889\frac{1}{2}$, 860 und 852 gaben; von welchen wir auf 860 das grösste Vertrauen setzten. Die Unsicherheit beim Gebrauch der Büchse steigt also auf ungefähr $\frac{1}{40}$. Die Schwingungszeit kommt zwar im Quadrat vor, aber da sie nicht bis auf $\frac{1}{2000}$ ungewiss ist, fällt hier die Berechnung weg, wie auch bei dem Trägheitsmoment der Stange. Dagegen geht die Dimension des Querschnitts auch in diese Be-

*) Siehe pag. 67. f.

rechnung mit der 4ten Potenz ein, weswegen auch der Genauigkeitsgrad bei der — aus Schwingungen mit der Gusseisen- oder Bleischeibe hergeleiteten — Bestimmung der direkten Dehnung davon abhängt.

Die Berechnung der Dehnung aus den direkten Dehnungsversuchen beruht einzig auf der spannenden Kraft, der Dehnungsmessung selbst und dem Querschnitt der Stange. — Die Ungenauigkeit, welcher die spannende Kraft bei 1 Schiff $\bar{\text{U}}$ Spannung unterworfen ist, geht nach unserer Ansicht nicht auf $\frac{1}{150}$, und bei höhern Spannungen ist sie noch viel geringer. Die Messung der Dehnung beruht auf der Genauigkeit der Beobachtungen und der Mikrometerschrauben. Aus dem 2ten Theil dieses Werks (welcher die Beschreibung und Zahlen der Versuche enthält), ersieht man dass die aus den Beobachtungen erhaltene Mittelzahl, im Allgemeinen, nur um 0,010 Schraubenumläufe verschieden ist. Da nun die ganze Dehnung ungefähr 3 ganze Umläufe betrug, so folgt, dass die Beobachtungen bis auf $\frac{1}{300}$ genau sind. Was dagegen die Schraube selbst anbelangt, sind nach §. 27. ihre Ungleichheiten allem hiebei nöthigen Calcul enthoben. Endlich beruht die Genauigkeit des, aus diesen Versuchen gezogenen, Resultats auf der Durchschnittsfläche der Stange. Wir haben aber gewiesen, dass ihre Lineardimension — bei gewalzten Stangen — sich genau bis auf $\frac{1}{300}$ messen lässt. Da sie nun in der 2ten Potenz vorkommt, so folgt hieraus eine Unsicherheit, die $\frac{1}{150}$ nicht übersteigen kann.

Als Folge hieraus ergibt sich also im Allgemeinen, dass die wahrscheinlichste Quelle der Fehler, bei Bestimmung der Rechnungselemente, in der Schwierigkeit, mit gehöriger Schärfe den Querschnitt der Stange zu messen, sich findet. Was die Reibungen betrifft, die keiner zuverlässigen Bestimmung unterworfen werden konnten, nämlich bei der Biegung, das Gleiten der Stangen auf den Kanten von Gusseisen (Taf. VI. Fig. 1. 2.); beim Drehen, das Reiben des Rads und der Frictionsrollen an den Pfannen (Taf. V. Fig. 1. Taf. VI. Fig. 1.); beim Schwingen, die Reibung der schwingenden Last an der Luft; und bei der direkten Dehnung, die Reibung des Wagens ef (Taf. I. Fig. 2.) an den Gusseisenstangen $D D$; so sind wir der Ansicht, dass sie im Ganzen von geringer Bedeutung waren. Bei der Drehung stand das Rad, wenn man die Gewichte hinwegnahm, genau wieder auf derselben Stelle, so lange die Spannkraftsgrenze nicht überschritten worden war, und bei der grössten Belastung gaben allzeit 3 Loth ($\frac{1}{10} \bar{\text{U}}$) einen Ausschlag. Bei der Biegung fanden wir ungefähr dasselbe Verhalten. Bei

der Schwingung können wir gewiss alle Friction als abwesend betrachten, auch alle Ungewissheit, ausser in den Dimensionen der Stange; daher in dieser Hinsicht die Resultate dieser Versuche unstreitig am sichersten sind. Wenn die direkten Dehnungsversuche, wegen der Reibung in der Bewegung des mit dem Schwanz verbundenen Wagens, einiger Unsicherheit ausgesetzt seyn sollten, innerhalb der Grenzen nämlich, die im Uebrigen gelten; so tritt dagegen der Querschnitt der Stange im Calcul nur mit dem Quadrat auf, während er dagegen im Schwingungscalcul mit der 4ten Potenz vorkommt. Wir überlassen es demnach der Entscheidung des Lesers: ob den Schwingungen oder den Versuchen mit der Presse (directen Dehnung) das grössere Vertrauen zuerkannt werden muss.

Die Streckung der Stange, bei fortgesetzter Belastung, fanden wir, nach wiederholten Messungen, bis auf $\frac{1}{10}$ Dec. Lin. in der Bestimmung variiren; das zerreissende Gewicht hätte wohl auch näher als bis auf 1 Schiffß bestimmt werden können, wenn wir die dazu erforderliche Zeit angewendet hätten. Die Genauigkeit bei der Messung der Bruchfläche liegt meist innerhalb $\frac{1}{100}$ des Liniennaasses, und dürfte wohl eben so wenig verdienen höher getrieben zu werden.

Die Wiederholung der Versuche, und die Aufnahme des Mittels aus mehreren Beobachtungen, dürfte in Etwas den Grad der Genauigkeit in den Resultaten erhöhen.

§. 31. Die Versuche, deren Vorrichtungen samt den nöthigen Instrumenten nun beschrieben wurden, haben im Verlaufe ihrer Anstellung verschiedene Untersuchungen veranlasst, welche an der gehörigen Stelle vollständig aufgenommen und beschrieben werden sollen.

Die Versuche wurden in zwei Sälen der königlichen Münze angestellt. Der erste, dem Mineralienkabinet des königlichen Bergcollegium zugehörig, in welchem die FULLERSche Maschine aufgestellt wurde, war gross und hell, folglich ausserordentlich brauchbar für die mikroskopischen Beobachtungen, welche daher noch bis in die Mitte Octobers ohne eine andere Beleuchtung, als vermittelt kleiner Spiegel, angestellt werden konnten. Diese Beobachtungen sind so empfindlich, nicht blos für eine Quantität von Licht, sondern auch für die Richtung, die es haben muss — um hinlänglich und von derselben Distanz die Theilstriche zu beleuchten — dass, ungeachtet der Anwendung von Spiegeln, eigentlich nur gewisse Stunden des Tages zu Dehnungsversuchen anwendbar sind. Wir fanden einen bedeutenden Unterschied in unsern Bemühungen, gute Beobachtungen zu

erhalten, an bessern oder schlechtern Tagen *). — Den anderen Saal, eigentlich der Münzwerkstätte gehörig, aber wegen des Umbaues der Münze damals entbehrlich, schlug Herr Professor ALMROTH, als dienlich zur Aufstellung des Biegungsstuhls und der damit anzustellenden Versuche, vor **).

Die Versuche wurden vom Anfang bis zum Ende vom Verfasser, gemeinschaftlich mit Herrn HAMMARSKÖLD, angestellt, mit Ausnahme der Dehnungsversuche, welchen Herr MUNCKTELL ununterbrochen beiwohnte, während Herr HAMMARSKÖLD mit Biegungs- und Drehungsversuchen beschäftigt war, welche ein einziger Beobachter anstellen konnte. In derselben Zeit stellte Herr HAMMARSKÖLD auch einige von den sogenannten Schwingungsversuchen an, wo ihm Herr G. AF UHR beistand. — Im Allgemeinen wurden die Versuche, welche von einer Person angestellt werden konnten und mussten, so unter Herrn HAMMARSKÖLD und dem Verfasser getheilt, dass das, was die Anstellung anging, mehrentheils den erstern, und die Berechnung den letztern traf. Bei der Berechnung war jedoch im Allgemeinen Herr CARELL behülflich, wie auch zuweilen bei den Versuchen selbst.

*) Schwerlich hätte ein besseres Zimmer sich angeben oder erhalten lassen. In beider Hinsicht haben wir Herrn Bergrath BROLING zu danken, dessen wirksamer Eifer, für den Fortgang dieser Versuche, sich überdiess bei mehreren Vorfällen durch Rath und Beitritt von wesentlichem Nutzen bewährte.

**) Sowohl dafür, als auch für den Gebrauch der Münzschmiede und bei mehreren Gelegenheiten des Schmiedepersonals — zu dem vielfachen Bedarf, welcher bei Geschäften, wie die in Frage stehenden, nothwendig eintreten musste — sind wir dem Herrn Professor ALMROTH, unter dessen Aufsicht das Umbauen der Münze geschieht, die Verbindlichkeit schuldig.

VON DER SPANNKRAFT.

Literatur des Gegenstandes.

Nachdem wir die Vorrichtungen zu den Versuchen durchgegangen, und somit den Leser in den Stand gesetzt haben, den Grad der Genauigkeit, den man den Resultaten zuerkennen muss, zu beurtheilen; so sollten wir natürlicherweise zu der Mittheilung der Versuche selbst übergehen. Wegen ihrer Weitläufigkeit aber haben wir daraus den andern Theil dieses Werks gemacht, wo der Leser sie findet. Wir haben bei ihrer Redaction unsern bereits angenommenen Grundsatz: den Leser stets von unserm eigenen Urtheil unabhängig zu machen, scharf zu befolgen gesucht. Wir haben daher aus dem, über die Versuche geführten, Protocolle alle zur Berechnung nöthige Angaben mitgetheilt, wesswegen der andere Theil eigentlich die Versuche selbst, in ihrem rohen Zustand, enthält. — Die Ordnung in diesem Theil der Arbeit leitet uns also zu unserer Art, die Phänomene, die wir hervorgerufen haben, aufzufassen und sie zu berechnen. Hier kommt die Spannkraft zuerst vor, weil diese Eigenschaft, deren Untersuchung den Zustand des Eisens nicht verändert, bei den Versuchen zuerst vorkommt.

§. 32. Obgleich diese Eigenschaft der Spannkraft (Spänstighet im Schwedischen, sonst auch Elasticität) wahrscheinlich, was die festen Körper betrifft, in den ältesten Zeiten bekannt war, so ist das Gesetz, welches diess Phänomen befolgt, noch nicht mit vollkommener Klarheit bestimmt. Doch hat man allgemein angenommen, dass die elastische (von der Spannkraft herrührende) Formveränderung sich direkt wie die Kraft verhält, und hat eine Einheit für ihre Grössenbestimmung vorgeschlagen. Wenn diese auch gegeben wäre, so bliebe doch noch übrig quantitativ anzugeben, wie viel die eine Eisenart (z. B. das geschmiedete) sich von der andern (z. B. dem gewalzten) unterscheidet. — Um im Allgemeinen nachzuweisen, was die Wissenschaft gegenwärtig vermag, sind wir genöthigt — ehe wir unsere Ansicht und die darauf sich gründenden Berech-

nungen vorlegen — uns mit einer Untersuchung aufzuhalten, wie sie auf ihren gegenwärtigen Punkt gelangte.

Die Kenntniss, die wir von der Spannkraft fester Körper haben, scheint ein zufälliges Ergebniss zu seyn, nämlich aus dem Phänomen bei dem Zerbrechen oder Zerreißen der Körper; obgleich die Spannkraft — von GALILAEUS *), dem ersten Begründer einer Theorie dieses Gegenstandes — nicht in Betracht gezogen wurde. Er hatte nämlich die Absicht, die zum Zerbrechen eines horizontal-liegenden und zum Zerreißen eines lotrecht hangenden Balkens erforderliche Gewichte theoretisch zu vergleichen. Da er hiebei annahm, dass die Fibern absolut hart sind, und sonach keine Biegung zulassen, bewies er, dass das erstere die Hälfte von dem letztern seyn müsste, wenn der Balken ein Cubus ist, und sein eigenes Gewicht nicht in Berechnung genommen wird. GALILAEUS verglich seine Theorie nicht mit der Erfahrung. Obgleich dieser Ausweg von mehreren (WÜRZ, BLONDELL) eingeschlagen wurde; so war es gleichwohl dem MARIOTTE aufbehalten, des grossen Mannes Missgriff hierin eigentlich an den Tag zu legen. Er bemerkte, dass alle Körper der Kraft nachgeben, ehe sie entzwei reißen, und dass die relative Stärke viel geringer ist, als sie GALILAEUS bestimmte **). Als GALILAEUS diess Verhalten durch den Calcul bestimmen wollte, nahm er an, dass die Dehnung der Fibern sich wie die dehnende Kraft verhalte; ein Gesetz ***), dessen Richtigkeit LA HIRE, durch seine Versuche über ungleiche Dehnung von Federn bei ungleichen Spannungen, bewiesen zu haben glaubte †). MARIOTTE fand dann, durch den Calcul, dass diese Gewichte sich verhalten müssten, wie 1 zu 4 ††). Dass der Calcul, auf dieses Gesetz gestützt, dieses Verhältniss nicht giebt, sondern die relative Stärke zu $\frac{1}{3}$ der absoluten bestimmt, wies LEIB-

*) ARCHIMEDES, qui prope solus veterum Geometram in mechanicis egit, hanc partem non attigit. Inde ab ARCHIMEDE nihil fere actum est in geometria mechanica usque ad Galilaeum, qui pomoeria scientiae protulit primus, idemque solidorum resistantiam ad geometriae leges revocare coepit. Et quamquam neque hic, neque circa motum projectorum rem actu tetigerit, usus hypothesis non satis certis, ex fundamentis tamen positis recte ratiocinatus est. LEIBNITZ Acta Erud. Lip. 1684. p. 319.

**) MARIOTTE fand diess Verhalten immer zwischen $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{4}$. Traité du mouvements des eaux. Part. 5. Disc. 2. Paris 1686.

***) Die Schriftsteller (YOUNG a. a. O. Vol. I. p. 137, und BARLOW a. a. O. p. 23.) geben HOOKE als den Erfinder dieses Gesetzes an, ohne mitzuthellen, woher sie diese Angabe genommen haben. LEIBNITZ spricht nicht von ihm, sondern nimmt diess Gesetz ex hypothesis alibi confirmata an. A. a. O. pag. 322.

†) Histoire de l'Acad. Roy. des Sciences. 1705. p. 12.

††) LEIBNITZ. l. c. p. 321.

NITZ nach, der diesen Gegenstand unter die Gewalt der Geometrie gebracht zu haben glaubte. BERNOULLI bemerkte gleichwohl, dass nur ein Theil der Fibern, nämlich der obere, bei einem wagrecht befestigten Balken ausgedehnt, und ein anderer Theil, nämlich der untere, zusammengedrückt werde; aber der Calcul gab ihm doch dasselbe Resultat wie LEIBNITZ *). Nichts destoweniger liess er das Gesetz der Spannkraft zu; denn, da man sich die Kraft ins Unendliche zunehmend denken kann, so müssen auch die Fibern ins Unendliche ausgedehnt und eben so zusammengedrückt werden können. **). Er berichtigte auch die Vermuthung GALILAEI'S, dass eine Feder sich in einer parabolischen Linie biegt, und gab die Gleichung für diese Linie in einem Körper der sich weder verlängert noch verkürzt ***). — Da gleichwohl HUYGENS entdeckt hatte, dass die Schwingungszeiten elastischer Metallscheiben gleich gross sind, die Feder mag in einem grössern oder kleinern Winkel schwingen, so schien das angenommene Elasticitätsgesetz hierin eine Stütze zu finden. Inzwischen wurde dieser Gegenstand keinen eigentlichen entscheidenden Versuchen unterworfen †), bis S'GRAVESANDE sich vornahm, die Art, wie die Spannkraft in festen Körpern wirkt, zu untersuchen ††). Er wählte zu seinen Versuchen metallene Stricke, weil ihre Fibern parallel mit der Achse und sonach nicht gedreht, so wie auch frei von Feuchtigkeit' u. dgl. mehr sind; aber er hielt es für unmöglich, die elastische Spannung wegen ihrer Kleinheit direkt zu messen. Sie wurden daher an einem festen Gestell wagrecht gespannt und in der Mitte, bei ungleichen Spannungsgraden, mit ungleichen Ge-

*) Memiores de l'Acad. 1705. p. 183.

**) BERNOULLI sagt (a. a. O. p. 177.) von MARIOTTE und LEIBNITZ: Mais aucun de ces Auteurs ne considerant les corps comme sujets à compression, et sur tout leur Hypothèse des tensions des fibres proportionnelles aux forces tendantes, ne s'accordant par précisément avec la nature; c'est la raison etc. Vergleiche das 3te Lemma. p. 179.

***) Er nannte sie die curva elastica, und zeigte, dass, wie der Zirkel die krumme Linie ist, die beim kleinsten Umfang die grösstmögliche Fläche einschliesst, auch die Kettenlinie diejenige, welche durch Umdrehung um ihre Achse die möglich grösste Oberfläche hervorbringt; so hat auch die elastische Curve die Eigenschaft, dass sie durch Rotation den möglich grössten Raum hervorbringt. Die obenerwähnte Eigenschaft des Zirkels kannten die Alten. Die erste Arbeit BERNOULLI'S über diesen Gegenstand kam 11 Jahre früher heraus. S. Acta Eruditorum Lipsiensia.

†) Die von PARENT angestellten (s. Mem. de l'Acad. 1708. pag. 28 und ff.) haben, in Hinsicht auf das Elasticitätsgesetz, keinen Einfluss gehabt.

††) Wir haben von S'GRAVESANDE die Idee zu der Vorrichtung, deren wir uns zur genauen Beobachtung der Biegung, welche eine Eisenstange durch ihr eigenes oder durch angehängte Gewichte erleidet, bedienten, entlehnt. Seine Physices elementa Mathematica wurden zuerst in Leyden 1719. gedruckt.

wichten belastet, wobei die Niederbiegungen genau beobachtet wurden. Diese Versuche wurden mit feinen Metallsträngen und breiten Metallblechen angestellt, und zuletzt liess er elfenbeinerne Kugeln auf befeuchtete Marmorscheiben fallen, und mass die Flecken und die Fallhöhen. Aus allen diesen Versuchen, welche genau mit einander übereinstimmten, zog er den Schlusssatz: dass bei einer Fiber, Fläche, oder Körper die elastische Verlängerung wie die verlängernde Kraft sich verhalte *). Er glaubte auch gefunden zu haben, dass die Zusammendrückung dasselbe Gesetz wie die Dehnung befolgt **). Die gut gedachte Art, die hier (zu den Versuchen) angewendet wurde, und der grosse Ruf, den S'GRAVESANDE, als Physiker, sich erworben hatte, müssen diesen Versuchen ein grosses Zutrauen ertheilen.

Auf eine ganz andere Weise, nämlich durch Drehung, untersuchte COULOMB die Spannkraft der Metalldräthe ***). Er hing einen feinen Metalldrath an einem festen Punkt auf, und spannte ihn mit einem daran gehängten Metallcylinder, welcher central gedreht wurde. Die Schwingungszeiten wurden beobachtet, und zwar bei ungleichem Verhalten der Länge und des Durchmessers des Draths, sowie bei ungleich schweren Cylindern †). Die Versuche wurden mit Eisen- und Messingdräthen angestellt, und zuletzt auf die Biegung von Stahlscheiben und die Spannkraft, die auf dem Härten und Glühen beruhet, ausgedehnt. Wir können hier nicht alle Resultate dieser Versuche aufnehmen, denn sie betreffen eben so wohl die Verschiebbarkeit und Cohäsion, als die Spannkraft, und kommen sonach zum Theil weiter unten vor. Er zog aus seinen Versuchen den Schlusssatz, dass:

*) Mathematical Elements of Natural Philosophy by W. J. s'GRAVESANDE, transl. by J. T. DESAGULIERS. London 1747, Vol. I. Chap. 12. 13. 14.

**) A. a. O. Chap. I. §. 14. 1397. Seine Versuche mit den elfenbeinernen Kugeln, worauf dieser Schluss beruht, scheint uns jedoch eine genauere Berechnung zu erfordern.

***) Recherches Théoriques et Expérimentales sur la force de torsion, et sur l'élasticité des fils de metal, Mem. de l'Acad. 1784 pag. 229. — Die Vorrichtung, deren er sich bediente, haben wir bei den Schwingungsversuchen angewandt.

†) Er gab diese seine wackere, durch manche Versuche bekräftigte Theorie als ein Mittel an, die Reibung fester Körper gegen flüssige zu bestimmen. Er liess einen Bleicylinder im Wasser schwingen, und fand, dass die Adhäsion des Wassers ein Grad auf 225 Quadratfuss Oberfläche beträgt. Die Geschwindigkeit war hiebei ganz gering; bei ungleichen, aber geringen Geschwindigkeiten, dass die Reibung des Wassers sich wie die Geschwindigkeit, aber bei grösserer Geschwindigkeit wie ihr Quadrat sich verhalte. Andere flüssige Körper, als das Wasser, untersuchte er nicht (a. a. O. pag. 254.). Die von ihm gemachte Anwendung der Drehkraft auf die Entdeckung des Gesetzes für die magnetischen und elektrischen Kräfte, welche abnehmen wie die Entfernung zunimmt, ist allgemein bekannt, und macht seine sogenannte Drehwage aus.

wenn die Schwingungswinkel nicht zu gross sind, die Drehungskraft dem Winkel proportional ist, wodurch die Schwingungszeiten isochronisch bleiben, zufolge der Theorie *), daher drückte er das Moment der Drehungskraft aus, durch: $m B D^4 : l$; wobei m eine von der Steifheit des Metalls abhängende Constante ist; B der Drehungswinkel; D der Durchmesser des schwingenden Cylinders; und l die Länge des Metalldraths. Die Constante bestimmte er durch Versuche, ohne sie aus der Spannkraft des Metalls herzuleiten zu suchen. Seine Versuche betreffen also eine stets unbekannte Function derselben, welche COULOMB la force de torsion, die Drehkraft, nannte. Er bemerkte, dass das Vermögen der Metallstangen, durch die Spannkraft eine veränderte Stellung anzunehmen, eine gewisse Grenze hat, und betrachtete den Isochronism der Schwingungen als ein Zeichen davon, dass die Spannkraft nahezu vollkommen in den ersten Drehungsgraden sich befindet. Dreht man aber den Drath über jene Grenze, welche er für das Maass der Spannkraft selbst ansah, so nimmt er eine bleibende Stellung an, beinahe eben so gross, als der Ueberschuss des Drehungswinkels über diese Grenze. — Inwiefern man aus seinen Versuchen den Schlussatz, den er zog — nämlich, dass die zur Zusammendrückung oder Biegung der Metalle erforderlichen Kräfte sich wie die Grössen dieser Gestaltsänderungen verhalten — ziehen könne, scheint uns inzwischen auf der Kenntniss der Constante m zu beruhen, welche in seiner Theorie auftritt. — COULOMB fand weiter, dass weder Glühen noch Härten das absolute Maass der Spannkraft ändert **).

*) A. a. O. p. 242. — Es scheint gewiss, dass COULOMB bei dieser Einschränkung der Amplitude für die Gültigkeit des Gesetzes, nur die Grenze der Spannkraft meint; denn p. 269 sagt er: La force élastique dépend, comme nous l'avons déjà dit, de la compression ou dilatation que les parties intégrantes éprouvent, et est toujours proportionnelle aux tractions. Gleichwohl giebt er auch einen analytischen Ausdruck für den Fall, dass die Drehungskraft nicht dem Winkel proportional ist (a. a. O. p. 235. ff.), doch ohne sie auf seine Versuche anzuwenden. — Man vergleiche p. 263, 264, wo er ganz bestimmt äussert, les forces nécessaires pour comprimer ou dilater les parties intégrantes, sont proportionnelles aux dilatations ou compressions qu'elles éprouvent.

**) Er befestigte ein Stahlblatt von 11 Linien Breite und $\frac{1}{2}$ Linie Dicke wagrecht, es war nach dem Weissglühen stark gehärtet. In der Entfernung von 7 Zoll (französisches Maass) vom Unterstützungspunkt belastete er dasselbe. Er fand sodann, dass

$\frac{1}{2}$ ℔ (livre) das Ende des Blattes niederbog um 8 Lin.

1 " " " " " " " " 15 $\frac{1}{2}$ "

1 $\frac{1}{2}$ " " " " " " " " 23 + "

Dasselbe Stahlblatt, erhitzt, bis es eine violette Farbe annahm, wodurch es eine vortreffliche Federung annahm, wurde auf dieselbe Weise untersucht, und gab dasselbe Resultat, nämlich:

$\frac{1}{2}$ ℔ bog nieder um 8 Lin.

1 " " " " " " " " 15 $\frac{1}{2}$ + "

1 $\frac{1}{2}$ " " " " " " " " 23 + "

Diess Verhalten hat neuerlich TREDGOLD durch Versuche mit Stahlstangen bekräftigt *).

Endlich wurde das Stahlblatt aufs Neue geglüht und langsamer Abkühlung überlassen, worauf es genau eben so stark bei eben den Gewichten wie vorhin gebogen wurde. Als die Gewichte weggenommen wurden, nahm das Stahlblatt seine gerade Lage wieder an. — Um den Einfluss auf die Grenze der Spannkraft zu untersuchen, wurden 3 vollkommen gleichgrosse Blätter aus einem englischen Stahlblech gezogen. Das eine davon wurde scharf gehärtet; das andere bis zur vortrefflichen Federung, und das dritte wurde weiss geglüht und langsam abgekühlt. Das erste barst bei 6 und das zweite bei 18 $\mathfrak{H}$, beide nahmen ihre gerade Richtung nach dem Hinwegnehmen der Gewichte wieder an, selbst bis zu der Belastung, wobei sie sprangen. Das dritte bog sich genau bei gleichen Gewichten gleich gross wie die andern, bis auf 7 $\mathfrak{H}$; da trat eine bleibende Veränderung ein, worauf das Blatt in alle Winkel gebogen werden konnte, ohne dass man das Gewicht vergrössern musste (a. a. O. pag. 267. 268.). — Wir erinnern an den Einfluss der Auswalzungstemperatur auf die Eigenschaften des Eisens (siehe pag. 17.), was einige Aehnlichkeit mit dem Einfluss ungleicher Härtezustände auf den Stahl zu haben scheint.

- *) Philos. Transact. 1824. Part. II. pag. 354. Er legte eine Stange von gutem Brennstahl auf 2 Stützen, und hängte Gewichte in die Mitte. Die Länge der einen Stange zwischen den Stützen war 13 Zoll englisch Maass, die Breite 0,95, und die Dicke 0,375. Sie wurde auf den Grad, wie bei Feilen gewöhnlich ist, gehärtet; in der Mitte belastet, bog sie sich wie in der Tafel Nro. 1. Die letztere Belastung hing mehrere Stunden daran, ohne ein Zeichen von Niedersenkung. — Hierauf wurde der Härtegrad auf eine etwas dunkle strohgelbe Farbe gebracht, wobei dieselben Belastungen dieselben Biegungen hervorbrachten. Nun wurde die Stange roth geglüht, langsamer Abkühlung überlassen, aufs Neue untersucht und gab genau dieselben Biegungen bei denselben Gewichten. — Eine andere Stange von 24 Zoll wurde zwischen die Stützen gelegt, war 0,92 Zoll breit, 0,36 dick, und gab einer Feile leicht nach. Nro. 2. giebt ihre Biegungen. Sie wurde nun so gehärtet, dass die Feile bei ihr nicht angriff; es gaben gleiche Gewichte gleiche Niederbiegungen. Das Härten wurde auf eine gleichförmige strohgelbe Farbe gebracht; die Biegung gab sich jetzt wie in Nro. 3., wobei die Stange bei 150 $\mathfrak{H}$ sich auf 0,012 Zoll niedersetzte. Als das letzte Gewicht von 385 ungefähr 1 Min. an der Stange gewesen war, hörte man einen dumpfen krachenden Ton, und die Stange zerriss nach 14 Minuten in der Mitte.

T a f e l
über Herrn TREDGOLDS Biegungsversuche.

Last.	Biegung. Zoll.	Last.	Biegung. Zoll.
1) 54	0,02	3) 47	0,127
82	0,03	85	0,230
110	0,04	130	0,550
2) 18,6	0,05	150	0,400
37,0	0,10	185	0,50
47,0	0,127	385	1,04

Herr TREDGOLD führt an einer andern Stelle (practical Essay on the strength of Cast-iron and other metals, Lond. 1824. pag. 104., die Versuche über die Biegung einer und derselben Stange an, nach-

§. 33. Obgleich die Schriftsteller im Allgemeinen, in Betreff der Gültigkeit des lange angenommenen Gesetzes: *ut tensio sic vis* *), enig zu seyn scheinen, so halten wir doch das Resultat der bisher angestellten Untersuchungen nicht in diesem Theil für vollkommen befriedigend. Sie haben eigentlich zwei von den Elasticitätsphänomenen herbeigerufen, nämlich die Biegung und die Drehung. Bei der ersten treten unläugbar beide, die Zusammendrückung und die Dehnung, auf. Man könnte nun hiebei fragen: folgt die Spannkraft einerlei Gesetzen in diesen beiden Fällen? — Kein uns bekannter Versuch lässt sich anführen, wo nicht diess zweifache Verhalten statt fand **). — Bei dem zweiten Phänomen wirkt die Spannkraft auf eine bis jetzt unentwickelte Weise ***). Die Frage ist

dem sie aus dem Werke gekommen und gleichförmig gegläht und langsam abgekühlt worden war; woraus sich zuverlässig eine Verminderung im Maass der Spannkraft zu erkennen giebt. Der Modulus der Spannkraft war zuerst 29,500090 und nachher 24,920000.

*) Die Schriftsteller, die wir Gelegenheit hatten um Rath zu fragen, scheinen im Allgemeinen dem, was bereits von s'GRAVESANDE und COULOMB in dieser Hinsicht beigebracht worden, wenig zugesetzt zu haben. Herr YOUNG (a. a. O. Vol. I. pag. 137.) scheint wohl eine Bedingung für die Gültigkeit des Gesetzes mittelst des Zusatzes aufzustellen: *Very nearly, at least when the forces are comparatively small* (sehr nahe, wenigstens wenn die Kräfte vergleichungsweise klein sind) u. s. w., eben so sagt er an einer andern Stelle (Vol. II. p. 316.): *A substance perfectly elastic is initially extended and compressed in equal degrees by equal forces and proportionally by proportional forces* (eine vollkommen elastische Substanz ist anfangs durch gleiche Kräfte gleich zusammengedrückt und ausgedehnt, und den Kräften überhaupt proportionirt), giebt aber weder einen theoretischen Grund, noch einen Versuch für die Stärke dieser Einschränkung des Gesetzes nach seiner Gültigkeit. — POISSON (*Traité de mécanique*, Paris 1811, Tom. I. p. 215.) sagt: *Dans les ressorts homogènes et d'une égale épaisseur dans toute leur étendue, on a coutume de la (force de l'élasticité) supposer proportionnelle à l'angle de contingence*. Man könnte hiedurch auf den Gedanken kommen, als sähe Herr POISSON das Gesetz der Spannkraft nicht hinlänglich begründet an. — Andere Schriftsteller, BIOT, DULEAU, TREDGOLD, BARLOW u. m. a., nehmen es ohne allen Vorbehalt an, ausser dass die Elasticitätsgrenze nicht überschritten wird.

**) Wir können hiebei die Bemerkung nicht unterdrücken, dass die Undurchdringlichkeit der Materie absolut die Möglichkeit für die Gültigkeit des angegebenen Gesetzes in seinem ganzen Umfang, in Beziehung auf die Zusammendrückung, aufhebt. Die Gültigkeit des Gesetzes, in Beziehung auf die Dehnung, ist keinem dergleichen Einwurf unterworfen. — Diese Bemerkung führt uns zu der Abtheilung unserer Versuche, welche die direkte Dehnung betreffen. Dass wir gleichwohl die bisher befolgte Ordnung nicht abbrechen, um mit der Dehnung zu beginnen, soll bald näher gerechtfertigt werden.

***) Die meisten Schriftsteller übergehen diess Phänomen. Was wir oben über COULOMB gesagt haben, gilt auch von BIOT (a. a. O. Tom. I. Cap. XXIII.). — YOUNG sagt (a. a. O. Vol. I. p. 140.): *We might consider a wire as composed of a great number of minute threads, extending through its length, and closely connected together; if we twisted such a wire, the external threads would be extended, and, in order to preserve the equilibrium, the internal ones would be contracted; and it may be shown that the whole wire would be shortened one fourth as much as the external fibres would be extended if the length remained undiminished; and that the force would vary as the cube of the angle through which the wire is twisted. But the force of torsion, as it is determined by experiment, varies simply*

also hier gleichfalls noch offen. — Nun ist zwar das Phänomen der Spannkraft auf diese beiden Arten untersucht worden, nämlich durch Biegung und Drehung; aber wir kennen keinen Schriftsteller, der mit gehöriger Genauigkeit die direkte Dehnung, getrennt von der Zusammendrückung, oder diese letztere getrennt von der erstern, untersucht hätte *). Wir haben, von diesen Ansichten geleitet, die Klasse von Versuchen, die direkte Dehnung betreffend, angestellt, die wir bereits S. 30. angegeben haben. — Wir können uns weiter fragen, ob die Spannkraft des Stoffs, dessen man sich bediente, bis auf den hinlänglichen Grad — innerhalb der Grenze der vollkommenen Unveränderlichkeit —

as the angle of torsion, it cannot, therefore be explained by the action of longitudinal fibres only; but it appears rather to depend principally, if not entirely, on the rigidity, or lateral adhesion, which resists the detrusion of the particles. (Wir können eine Saite als aus einer grossen Menge kleiner Fäden, die sich nach ihrer Länge ausdehnen und enge mit einander verbunden sind, zusammengesetzt vorstellen. Wenn wir eine solche Saite drehen, so werden die äussern Fäden ausgedehnt, und demnach, um das Gleichgewicht zu erhalten, die innern zusammengezogen werden. Es lässt sich zeigen, dass die ganze Saite ein Viertel mehr verkürzt würde, als die äussern Fibern sich ausdehnen, wenn die Länge nicht verringert wird, und dass die Kraft wie der Cubus des Winkels, um welchen die Saite gedreht wird, variirt. Aber die Drehkraft, wie sie durch Versuche bestimmt wird, variirt schlechthin wie der Winkel; sie kann also, durch die Wirkung der Longitudinalfibern allein nicht erklärt werden; es scheint vielmehr, sie hänge vorzüglich, wenn nicht gänzlich, von der Rigidität oder Seitenadhäsion, welche der Wegrückung der Partikeln widersteht, ab.) Den Calcul, von dem hier gesprochen wird, hat er nicht mitgetheilt. — Seitdem hat wohl Herr TREDGOLD eine ganz weitläufige Untersuchung über diesen Gegenstand angestellt; aber die Versuche stimmten nicht mit seiner Theorie überein (Essay on the strength of Cast-iron etc. p. 98.). Wir kommen bald auf sie zurück, indem wir hiebei blos bemerken wollten, dass bei der Drehung die Spannkraft auf eine bis jetzt unentwickelte Weise wirkt. — BIOT und DULEAU, unbekümmert um einige Ableitung des Drehungsphänomens aus der direkten Dehnung, nehmen, wie COULOMB, eine Constante an. Die meisten Schriftsteller übergangen die ganze Sache mit Stillschweigen, unter diesen z. B. EYTELWEIN (Handbuch der Statik fester Körper. Berlin 1808.).

*) Herr TELFORD (s. BARLOW a. a. O. p. 230.) führt einen in dieser Hinsicht erläuternden Versuch an, obgleich die hieher gehörige Beobachtung nicht mit all der Genauigkeit angestellt wurde, welche in dieser Absicht besonders angestellter Versuch erfordert. Beim Zerreißen eines 2 Zoll dicken Rundeisens, welches bei 45 Tonnen sich anfang zu strecken, wurde das Ventil an der FULLERSchen Maschine geöffnet, so dass die Stange die Länge wieder annahm, die zu diesem gespannten Zustand gehörte. Sie hatte sich da bereits gestreckt um $\frac{1}{10}$ Zoll auf den Fuss in der Mitte, zog sich aber $\frac{1}{40}$ Zoll zurück, als das Ventil geöffnet wurde. Hier wirkte die Spannkraft einzig durch die Zusammenziehung. Der „Elasticitätsmodulus“ für dieses Eisen würde demnach in Tonnen seyn $45 : \frac{\text{area}}{12.40}$, oder, nach Pfunden berechnet und auf die Fläche eines Quadratzolls reducirt, = 15,401,000. Ob man nun gleich leicht findet, dass auf diese Zahl kein grosses Vertrauen zu setzen ist — denn der Modulus von gutem englischen Eisen wird im Allgemeinen 24,920000 (oder 24,542800, s. TREDGOLD a. a. O. p. 276 und 102.) gesetzt — so haben wir doch diesen Versuch anführen zu müssen geglaubt.

entwickelt worden sey, dass sie eine möglicherweise existirende Abweichung von dem angenommenen Gesetze darlegen konnte *)?

Man hat wohl lange den Unterschied zwischen dem Maass der Spannkraft und der Grenze, innerhalb welcher ihr ungestörtes Daseyn statt findet, eingesehen; aber die Schriftsteller sind doch weder darüber einig gewesen, welche von diesen Grössen eigentlich vorzugsweise mit dem Namen Spannkraft bezeichnet werden sollte, noch haben sie klar die zur vollkommenen Bestimmung der Spannkraft zusammenwirkenden Grössen unterschieden **). S'GRAVESANDE bemerkte schon, dass ein und derselbe Körper möglicherweise eine ungleiche Spannkraftintensität (Maass) haben könnte ***); aber wir haben es Herrn YOUNG zu danken, den ersten Vorschlag gemacht zu haben, um eine Einheit in diese Bestim-

*) COULOMB fand wohl im Allgemeinen beinahe denselben Werth für seine Constante, bei ungleichem Trägheitsmomente, obgleich er gewiss die Spannkraftsgrenze erreichte und überschritt; aber wenn das schwingende Gewicht sehr gross war, merkte man gleichwohl eine Abnahme an dieser Constante (a. a. O. p. 243.). Er schrieb diess selbst einer Verminderung im Diameter zu (pag. 244.), aber ohne die Zulänglichkeit dieses Umstandes, als Ursache des Phänomens, zu berechnen. — BIOT (a. a. O. g. 494.) sieht diess als ein Zeichen von dem Daseyn einer limitation de la réaction de torsion an.

**) Man sagt im Allgemeinen, dass unter den tönenden Körpern derjenige am meisten elastisch sey, der den höchsten Ton habe. Aber die Höhe des Tons beruhet auf der Anzahl Schwingungen innerhalb einer gewissen Zeit. Diese verhalten sich, wie die Quadratwurzeln aus dem Maass der Spannkraft, welches sich durch Härten wenig ändert. Gleichwohl sagt man allgemein, dass das Härten den Stahl elastischer macht. — Von einem Metall, welches grosse Kraft erfordert, um auf eine gewisse Quantität gebogen zu werden, sagt man es sey steif. Diess giebt das Maass der Spannkraft an. Aber man sagt zugleich, dass dasjenige Metall das am meisten elastische sey, welches die grösste Biegung zulässt; diess bezeichnet die Grenze für das unverrückte Daseyn der Spannkraft. — Wenn eine Kugel, unter einem spitzigen Winkel gegen eine wagrechte Ebene geworfen, unter demselben Winkel zurückprallt, mit dem es anslug, so sagt man die Kugel sey vollkommen elastisch. Diess scheint doch auf der Zeit für die Gestaltsänderung zu beruhen (in so weit die Spannkraft nicht beim Anschlagen verändert wird), und diese beruhet auf dem Maass der Spannkraft. — Vielleicht sollte man das Maass der Spannkraft deren Intensität (Qualität) nennen; aber ihre Grenze durch das Wort Quantität bezeichnen?

COULOMB sagt an einer Stelle (a. a. O. pag. 230): Le poids oscillera plus ou moins de temps, suivant que la réaction élastique de torsion sera plus ou moins parfaite; an einer andern (pag. 263.): L'isochronisme des oscillations nous apprend que dans les premiers degrés de torsion, la force élastique est presque parfaite. — COULOMB sah den grössten Drehungswinkel, welche der Metalldrath duldete, ohne dass das Centrum der Schwingung verrückt wurde, als das Maass der Spannkraft an (pag. 623.). Etwas ganz anders meint Herr YOUNG unter "Modulus der Elasticität", (a. a. O. pag. 137.).

***) We speak here altogether of the same elasticity; this we have in bodies, made of the same ivory. But I cannot affirm that all ivory has equal elasticity; though I could discover no difference in the few experiments I made concerning it (a. a. O. I Chap. 14. §. 1395.). (Wir sprechen hier immer von derselben Elasticität; diese haben wir in Körpern von einerlei Elfenbein gemacht. Doch ich kann nicht versichern, ob alles Elfenbein gleiche Elasticität hat, ob ich gleich keinen Unterschied bei den wenigen in dieser Beziehung angestellten Versuchen entdecken konnte.)

mung zu bringen, wodurch der Gegenstand dem Calcul unterworfen werden konnte. Er schlug vor, die Spannkraft eines Körpers durch die Höhe eines Cylinders von demselben Stoff zu bestimmen, dessen Basis die zusammengedrückte oder erweiterte Fläche ist, und dessen Gewicht eben die Wirkung (auf die Elasticität) hervorbringt; diesen Ausdruck nannte er den Modulus der Spannkraft *).

Wenn demnach eine Stange von 100 Zoll Länge um 1 Zoll von 1000 $\mathfrak{L}$ zusammengedrückt wird, so soll das Gewicht des Spannkraftsmodulus durch folgendes Verhältniss bestimmt werden:

$$\frac{1}{100} : 1 = 1000 \mathfrak{L} : \text{Modulus in } \mathfrak{L} = 100000 \mathfrak{L} **).$$

Die Höhe des Spannkraftsmodulus fand er für die atmosphärische Luft 5 englische Meilen, für den Stahl 1500. — Die englischen Mechaniker haben nachher diese Art, die Spannkraft zu bestimmen, angenommen, wobei sie das Avoir du poids Pfund als Einheit des Gewichts und einen Quadratzoll als Fläche des Querschnitts annahmen. Unter den französischen Schriftstellern hat Herr DULEAU die Methode angewandt, mittelst der Angabe des Gewichts, welches eine gewisse Dehnung verursacht, das Maas der Spannkraft zu bestimmen. Seine Gewichtseinheit ist das Kilogramm, und für den Querschnitt ein Quadratmillimeter ***).

Begriff der Spannkraft.

§. 34. Unter Spannkraft verstehen wir die Eigenschaft der Körper, bei Einwirkung einer äussern Kraft ihre Gestalt zu ändern, und dieselbe, wenn diess Einwirken aufhört, wieder anzunehmen. Sie unterscheidet sich von der absoluten Härte dadurch, dass Körper, welche diese Eigenschaft haben, die Gestalt nicht ändern; und von absoluter Weichheit dadurch, dass Körper, welche diese Eigenschaft haben, die von der einwirkenden Kraft herrührende Gestalt nicht ändern, obgleich diese Kraft aufgehört hat zu wirken.

Man hat die Spannkraft in zwei Eigenschaften sondern wollen, Contractilität und Elasticität. Die erstere sollte die Eigenschaft des Körpers aus-

*) Die Grösse der Dehnung oder Zusammendrückung, welche ein Körper, ohne Aenderung seiner Spannkraft, ertragen kann, macht, nach Herrn YOUNG, seine Steifheit (toughness) aus (I. p. 629.).

**) Oder vielmehr 99000 sagt Herr YOUNG a. a. O. I. p. 137. Wir sehen nicht ein, warum. Man vergleiche II. p. 46. §. 319.

***). A. a. O. pag. 54.

drücken, nach dem Aufhören der Dehnung, welche eine äussere Kraft hervorbrachte, die gedehnte Dimension zusammenzuziehen und dadurch den Körper in seine ursprüngliche Gestalt wieder zurückzubringen. Die letztere dagegen sollte die Eigenschaft angeben, vermittelt deren ein Körper, nach dem Aufhören einer äussern zusammendrückenden Kraft, die zusammengedrückte Dimension wieder zu erweitern vermag, und dadurch den Körper in seine ursprüngliche Beschaffenheit wieder herzustellen. Aber wenn man die eine dieser Eigenschaften, z. B. die Contractilität, sich in einem Körper ohne die andere denkt; so wird die Bewegung, welche in Kraft dieser Eigenschaft in dem Körper auftritt — nachdem die äussere Einwirkung aufhört — nothwendig in demselben Körper eine bleibende Formänderung hervorbringen. Denn in dem Augenblick, als die Contractilität dem Körper seine ursprüngliche Gestalt wieder zu geben eintrat, existirt eine Bewegungsgrösse (*quantitas motus*), auf die Zusammendrückung des Körpers hinwirkend. Ist nun der Körper nicht absolut hart, so muss diese Zusammendrückung, aus Mangel der andern Eigenschaft, der Spannkraft (der Elasticität), eine bleibende Gestaltsänderung bewirken. Dasselbe gilt auch von der andern Eigenschaft, einzeln genommen *). Wir können uns also die eine Eigenschaft nicht ohne die andere denken, und fassen sie unter dem gemeinsamen Namen Spannkraft zusammen.

Diese Arten von Spannkraft schreiben wir der Wirkung, einander entgegengesetzter, durch die Rigidität nicht vollkommen aufgehobener Kräfte zu, durch deren Gleichgewicht das Volumen jedes Körpers bestimmt wird. Wir können uns nämlich die Materie nicht denken, ohne zugleich eine attractive und repulsive Kraft anzunehmen. Was für eine Veränderung auch diese Kräfte beim

*) Der verdienstvolle GREN sagt (Grundriss der Naturlehre, herausgegeben von KARSTEN, Halle 1801. p. 74.): „Das unzureichende in der bisherigen Erklärung beider Phänomene rührt eben daher, dass man so verschiedene Wirkungen einerlei Grundursachen zuschrieb. Da, wo man bisher bei federharten Körpern eine Wiederausdehnung nach einer vorherigen Zusammendrückung annahm, findet wirklich nichts anders als Zusammenziehung nach einer vorhergegangenen Dehnung statt.“ Er sagt weiter, dass die Contractilität ein Cohäsionsphänomen ist, und glaubt, dass diese Eigenschaft den Grund der Federung bei Stahl, Elfenbein, Harz, Drath u. a. in sich fasst. Er scheint die Elasticität, welche er eigentlich den elastischen Flüssigkeiten zuschreibt, als von der Wärme herrührend, anzusehen. Sollte irgend ein Grund zu dieser Scheidung wirklich in der Art Spannkraft, welche die organischen Stoffe zeigen, sich vorfinden, wobei des einen Stoffes Spannkraft sich vorzugsweise im Vermögen der Contractilität und des andern in Expansibilität äussert; so scheint diess auf der Ungleichheit des organischen Gewebes zu beruhen. Was die unorganischen Körper betrifft, so können diese, von einem gespannten Zustand aus, ihre ursprüngliche Gestalt, ohne eine Anzahl Schwingungen, nicht wieder annehmen, welches die Versuche deutlich an den Tag legen.

Uebergang des Körpers vom flüssigen in einen festen Zustand erleiden; so zeigt doch die Erfahrung, bei der Spannkraft der Körper, dass das Gleichgewicht zwischen Attraction und Repulsion, wodurch das Volumen bestimmt wird, durch eine äussere Kraft verändert werden kann, und sich wieder herstellt, wenn diese Kraft aufhört. Diese Veränderung giebt zu erkennen, dass die Urkräfte nicht, im Augenblick des Erstarrens und Krystallisirens, vollständig gebunden wurden. Das Volumen eines spannkraftigen (elastischen) Körpers beruht also nicht allein auf der Constitution dieser Urkräfte im festen Zustand, sondern auch auf dem Einfluss aller äussern wirkenden Kräfte. Dass diese Urkräfte, die Attraction und Repulsion, von der Entfernung der in Frage stehenden Punkte abhängen, auch dass sie, in Beziehung auf ihre Intensität, keine lineäre Functionen der Entfernung sind, zeigt uns unter andern das Phänomen der Haarrörchen.

Nun sey die Intensität der Attraction in der Distanz r gleich Fr ; und ihre Quantität für einen gewissen Stoff $= A$; für die Repulsion sey die Intensität fr , und die Quantität für denselben Stoff R ; so drückt die Gleichung

$$AFr = Rfr \quad (1)$$

das Gleichgewicht zwischen den ursprünglichen (Attractions- und Repulsions-) Kräften zweier Punkte aus; das Volumen des ganzen Körpers, unter gewissen äussern Umständen, z. B. der Barometerhöhe, des Wärmegrads, beruht also auf der Gleichung

$$S. AFr = SRfr \quad *).$$

Wirkt nun eine äussere Kraft a , um den Körper nach irgend einer Richtung auszudehnen, und der Zustand des Gleichgewichts tritt wieder ein, wenn r sich vergrössert hat zu $r + i$, so erhält man

$$AF(r + i) = Rf(r + i) + a.$$

Eben so erhält man, wenn eine äussere zusammendrückende Kraft a' wirkt, und das Gleichgewicht eintritt, wenn aus r geworden ist $r - i$, die Gleichung

$$a' + AF(r - i) = Rf(r - i).$$

Die Möglichkeit der erstern Gleichung setzt voraus, dass die Repulsion schneller abnimmt, wenn der Abstand zunimmt, als die Attraction; ihre Wirklichkeit wird durch alle Elasticitäts-Phänomene bekräftigt, welche die Nothwendig-

*) S bedeutet das Summationszeichen. Sollte ein Körper aus mehreren Systemen bestehen, die vielleicht durch andere Kräfte, z. B. Adhäsion, verbunden wären, so gilt obige Gleichung noch, indem man die Summation auf jene bezieht.

keit, beides, der dehnenden und zusammendrückenden Kraft, zu erkennen geben. Bei einer vollkommenen Elasticität muss $i=0$ seyn, wenn $a=0$ (r muss, wenn a aufhört, wieder in seinen ursprünglichen Zustand zurückkehren. Der Uebers.). Entwickelt man diese zwei letzten Gleichungen nach dem TAYLORSchen Theorem, und mit Annahme der Functionen-Bezeichnung nach LAGRANGE, so erhält man, da wegen der Gleichung 1) das erste Glied verschwindet,

$$\begin{aligned} a &= (AF'r - Rf'r)i + \frac{1}{2}(AF''r - Rf''r)i^2 + \frac{1}{6}(AF'''r - Rf'''r)i^3 + \dots \\ a' &= (AF'r - Rf'r)i - \frac{1}{2}(AF''r - Rf''r)i^2 + \frac{1}{6}(AF'''r - Rf'''r)i^3 + \dots \end{aligned} \quad (2.)$$

Ohne die Bedeutung dieser 2ten Gleichung *) weiter, als bloß nach der ersten Ansicht zu verfolgen; so ergibt sich, dass, inwiefern entweder die Attractions- oder Repulsions-Intensität ein anderes Verhalten als ein bloß lineares zum Abstand hat, weder die Dehnung noch die Zusammendrückung der Kraft absolut proportionell seyn kann. Diese beiden Arten, wie die Spannkraft sich offenbart, können eben so wenig dasselbe Gesetz befolgen; denn das zweite Glied hat in den zwei Reihen ein entgegengesetztes Zeichen. — Welchen Grad von Genauigkeit die Versuche haben müssen, um die mögliche Unrichtigkeit des Gesetzes — *ut tensio sic vis* — zu erkennen zu geben, beruht nicht allein auf der Weite der Grenzen, innerhalb welcher die Versuche — in der Beziehung, dass keine permanente Gestaltsänderung eintritt — angestellt werden, sondern auch auf der Art, wie die Spannkraft sich zu erkennen giebt. In ersterer Hinsicht zeigt die 2te Gleichung, dass je grösser i , desto grösser die Abweichung zwischen den Versuchen und dem angenommenen Gesetz seyn wird. In letzterer Hinsicht zeigt dieselbe Gleichung, dass, wenn die Spannkraft durch beide, durch Dehnung und Zusammendrückung, in demselben Querschnitt wirkt und der Körper die Freiheit hat, diejenige krumme Linie, welche zur Herstellung des Gleichgewichts zwischen den Dehnungs- und Zusammendrückungs-Momenten erforderlich ist, anzunehmen, ein Spannkraftsmaass $a + a'$ sich ergebe, welches durch eine weit mehr convergirende Reihe, als wenn die Spannkraft allein sich durch Dehnung oder Zusammendrückung ausübt, ausgedrückt werden kann.

Denn wenn wir zwei Paar Punkte betrachten, die zu derselben Fiber gehören und innerhalb der Attractions- und Repulsions-Sphäre gelegen sind; wenn

*) Wir haben bei ihrer Entwicklung den Aufsatz des Herrn RUDBERG befolgt, den er uns als Grund seiner oben S. 75. angeführten Aeusserung mittheilte, dass die Dehnung nicht absolut der Kraft proportional seyn könne.

wir annehmen, dass diese Fibern so symmetrisch in demselben Körper liegen, dass die eine eben so grosse Zusammendrückung erleidet als die andere Dehnung, so dürfen wir hier nur auf das Spannungsmaass selbst Rücksicht nehmen, weil die Kräfte, welche durch diese Gestaltsänderung absorbirt werden, dieselben Momente haben. Man erhält demnach

$$a + a' = 2S \left[(AF'r - Rf'r)i + (AF'''r - Rf'''r) \frac{i^3}{6} + \dots \right]$$

diess tritt beim Biegungs-Phänomen ein; daher ist diese Art zum Erweis des angenommenen Spannkraftsgesetzes nicht dienlich *). Nun hat dieses Gesetz durch Biegungsversuche — die einzigen nach welcher bis jetzt die Spannkraft berechnet werden konnte — sein eigentliches Zutrauen erhalten; es folgt also auf der andern Seite, dass der Erweis des Gesetzes auf eine andere Art geschehen muss. Gleichwohl dienen die Biegungsversuche, um darzuthun, in wie weit die Kraft, welche zur Dehnung verwandt wird, von der Kraft, welche auf eine gleichgrosse Zusammendrückung verwandt wird, bedeutend sich unterscheidet, so weit das daraus zusammengesetzte Resultat mit den direkten Dehnungsversuchen übereinstimmt. — Für jetzt ziehen wir aus dieser Bemerkung den Vortheil, dass wir bei der Berechnung unserer Biegungsversuche, bis auf Weiteres, von dem angenommenen Spannkraftsgesetz ausgehen.

Das Maass der Spannkraft muss in den angenommenen Einheiten ausgedrückt werden. Wir setzen demnach im Allgemeinen a die Anzahl Schiffß Vict.-Gew., die erfordert werden, um in (einem Körper von Durchschnitt) einer Quadratdecimallinie die Dehnung c hervorzubringen, d. h. die Länge 1 zur Länge $1 + c$ auszudehnen; da nun die Dehnung der Spannung proportionirt ist, so wird $\frac{a}{c}$ von der Grösse der Dehnung unabhängig, und kann demnach das Maass der Spannkraft vorstellen, oder deren Coëfficienten. — Die Quantität der Spannkraft oder die Grenze für ihre ungestörte Gegenwart (Bestand) wollen wir durch das grösste Gewicht A ausdrücken, das ein Körper bei der als Ein-

*) Auch diess ist eine Wahrheit, dass obgleich die direkten Dehnungsversuche — mit den Stangen Nro. 17. (b) und Nro. 51. (b) angestellt — deutlich die Fehlerhaftigkeit des Gesetzes: *ut tensio sic vis*, bei höhern Spannungen an den Tag legten; wir gleichwohl aus den Schwingungszeiten derselben Stangen, nicht mit Sicherheit dasselbe Resultat finden konnten, bevor wir, durch Einsetzung eines Eisendraths sehr grosse Schwingungsbogen beobachteten. Wir erhalten in der Folge Gelegenheit zu zeigen, wie die Zusammendrückung auch in dem Ausdruck der Schwingungszeit vorkommt.

heit angenommenen Durchschnittsfläche tragen kann, ohne eine bleibende Gestaltsänderung; und durch die grösste Dehnung oder Zusammendrückung C . Sowohl durch Biegung als auch Drehung und direkte Dehnung, haben wir den Werth dieser Grössen bestimmt (s. §. 59. 60. 72.). Sie haben, wie schon bemerkt, theilweise von den Schriftstellern den Namen Spannkraft erhalten, auch darf in den meisten Fällen, bei der Anwendung der Körper, auf keine grössere Stärke als auf A gerechnet werden*).

Theorie der Biegung**).

Die elastische, gerade, gleich dicke und gleichartige Stange $K'K''$ (Taf. X. Fig. 16.) sitzt mit dem Ende K' unbeweglich und wagrecht in einer Wand fest. Durch ein an dem freien Ende der Stange wirkendes Gewicht P , und durch ihr eigenes Gewicht hat sie sich zur Linie $K'K$ (Fig. 17.) gebogen. Das Vieleck $K'Hm$, $m'K$ stelle diese krumme Linie vor; die Seiten m,m und $m m'$ verlängere man nach t und t' , theile sie in der Mitte in den Punkten n,n' und ziehe von denselben, senkrecht auf die Seiten des Vielecks, die geraden $n\rho$ $n'\rho$, die sich in ρ schneiden. Wir stellen uns vor, diess Vieleck habe seine Biegsamkeit verloren (sey steif geworden) in allen Punkten ausser m , und der Theil $K'm$ sey unbeweglich in dieser Stellung fest; diese Vorstellung stört das Gleichgewicht nicht. Die Spannkraft der Stange im Punkt m zeigt sich nun durch das Bestreben, den um den Punkt m beweglichen Theil des Vielecks $mm'K$ so zurück zu wenden, dass die Seite mm' in die Lage der Tangente mt kommt (wie sie vor der Biegung war), wodurch der Winkel $t'mt$ verschwinden soll. Die Kraft dieses Bestrebens beruhet auf der Spannkraft des Stoffs, woraus die Stange gefertigt ist, und auf der Fläche und Beschaffenheit des Querschnitts. Was das erste betrifft, so haben wir bereits durch $\frac{a}{c}$ das Maass der Spannkraft ausgedrückt, und was das letztere betrifft, so bemerken wir, dass die Fiber, welche in der

*) Doch giebt es Umstände, unter welchen eine kleine Streckung nützlich ist, z. B. wenn zwei gleich gelegene Theile einer Maschinerie zu absolut gleicher Länge nicht eingerichtet werden können, sondern diese absolute Gleichheit erst durch eine kleine Streckung möglich wird. — Die englischen Baumeister rechnen blos auf $\frac{1}{3}$ der absoluten Stärke beim Stangeneisen. — A und C hat zuerst DULEAU berechnet (a. a. O. pag. 77.).

**) Mit Genehmigung des Herrn Verfassers sind die ausführlichen Entwicklungen der mathematischen Gesetze und Formeln nur in allgemeinen Umrissen hier wieder gegeben, sowie von dem numerischen Calcul nur die Resultate.

Der Uebers.

untern Seite der Stange liegt, zusammengedrückt, während dagegen die an der obern Seite liegende ausgedehnt wird; und dass diese Bemerkung von allen diesen auf entgegengesetzte Weise liegenden Fibern gilt; wesswegen eine Fiber sich in der Stange finden muss, die weder zusammengedrückt noch ausgedehnt wird. In der Linie $K'K$, die Fig. 16. u. 17. gezeichnet ist, soll diese neutrale Linie liegen *); der Querschnitt der Stange im Punkte m Fig. 16. und 17. sei QQR Fig. 18., und der Punkt C gehöre zur Indifferenzlinie. Da der Punkt C der Fiber zugehört, welche die Achse der Stange bildet, so sagen wir, dieser Punkt liege auch in der Neutralenachse der Stange.

In diesem Querschnitt, welchen wir uns so beschaffen vorstellen, dass in der wagrechten Linie ACB die Durchschnitte aller neutralen Fibern liegen, und dass diese durch den Mittelpunkt geht, denken wir uns den Punkt μ , dessen Lage durch die Abscisse $Cx = x$, und die Ordinate $x\mu = y$ bestimmt wird. Der also, nach der Lage bestimmte Querschnitt der Fibern ist $dx \cdot dy$. Nun habe sich die Fiber in dem Punkte μ auf den Grad ausgedehnt, dass die Einheit der Länge $1 + \nu$ würde, wenn die Fiber um die Einheit der Distanz von der Neutrallinie ACB entfernt läge; die wirkliche Dehnung der Fiber ist also (in der Entfernung y) $y\nu$; die dazu gehörige Kraft, nach dem angenommenen Spannkraftgesetz, ist $\frac{a}{c}y\nu$; das Produkt derselben durch den Querschnitt der Fiber ist $\frac{a}{c}y\nu dx dy$, diess, mit dem Hebelsarm $x\mu = y$ multiplicirt, giebt das Moment der Dehnung für diesen Punkt $\frac{a}{c}y^2\nu dx dy$, und die Summe aller, der Abscisse x entsprechenden Momente, das Integral davon, $= \frac{1}{3} \frac{a}{c} \nu y^3 dx$; und endlich das Spannungsmoment für den Querschnitt $= \frac{1}{3} \frac{a}{c} \nu \int y^3 dx$.

Auf dieselbe Weise findet man, wenn die Zusammendrückung nach demselben Gesetz wirkt, wie die Dehnung, und dasselbe Maass *) $\frac{a}{c}$ hat, das vom

*) Der Widerstand, den die neben einander liegenden Fibern diesem, durch ungleiche Ausdehnung verursachten Aneinanderschieben leisten, gleichsam der Adhäsionswiderstand, ist eben schon im Spannkraftsmaass enthalten,
Der Uebers.

**) Man findet leicht, dass ohne diese Annahme der Calcul in Schwierigkeiten verwickelt wird, zu deren Auflösung wir wenigstens nicht die hinreichenden physischen Data haben. Es bleibt uns also kein anderer Weg übrig, als zuerst das Spannkraftgesetz selbst anzunehmen, und es für Zusammendrückung und Dehnung gelten zu lassen, und hernach das Resultat der Biegung mit der direkten Dehnung bei einer und derselben Stange zu vergleichen. — (Der Herr Verfasser betrachtet nun die allgemeine Gleichung (1) und entwickelt sie für den Fall, wo die Attractions- und Repulsionskräfte von umge-

Querschnitt absorbirte Zusammendrückungs - Moment für den Querschnitt
 $= \frac{1}{3} \frac{a}{c} v' \int y'^3 dx$, wenn v' die Zusammendrückung und y' die Ordinate be-
 deutet.

Es sey nun Fig. 19. nn' dieselbe neutrale Linie für den Punkt m , Fig. 16. u. 17., die wir betrachten; tt' sey eine ausgedehnte und uu' eine zusammenge-
 drückte Fiber, beide in der Einheit der Distanz von der Indifferenzlinie. Man
 führe nun den Krümmungshalbmesser ein, dessen Mittelpunkt für die Stelle m , Fig. 16.
 u. 17. ϱ ist, und setze in Fig. 19. $n\varrho = \varrho$. Man hat aber in Fig. 19., wie nahe
 auch die Punkte n und n' liegen, die Proportionen

$$nn' : tt' = n\varrho : t\varrho = \varrho : (\varrho + 1) \text{ und}$$

$$nn' : (tt' - nn') = 1 : v,$$

nach dem Begriffe der Dehnung und der angenommenen Bezeichnung; daraus
 ergiebt sich $v = \frac{1}{\varrho}$. Auf ähnliche Weise erhält man für die zusammengedrückten
 Fibern aus der Linie uu' die Gleichung $v' = \frac{1}{\varrho}$. Demnach ist die zu den Deh-
 nungen und Zusammendrückungen erforderliche Totalkraft

$$\frac{1}{3} \frac{a}{c} \frac{1}{\varrho} \int y^3 dx + \frac{1}{3} \frac{a}{c} \frac{1}{\varrho} \int y'^3 dx.$$

Hier muss das Integral so genommen werden, dass es den Durchmesser des
 Querschnitts, die Linie AB in Fig. 18., umfasst, um den ganzen Querschnitt in
 der Spannung zu erhalten, dass der Krümmungshalbmesser am Punkte m , den
 wir betrachten, $= \varrho$ ist. Nun haben wir vorausgesetzt, dass die Stange gleich
 dick und gleichartig ist; das in jedem Querschnitt der Stange zwischen den, aus
 den zusammengedrückten und gedehnten Theilen, resultirenden Kräften stattfin-

kehrten Potenzen, wiewohl verschieden, der Distanz abhängen, z. B. der m ten und n ten. Wenn blos
 von Spannkraft die Rede ist, und auf keine Verminderung des Querschnitts Rücksicht genommen wer-
 den darf, auch wohl die Annahme gestattet ist, dass die Neutrallinie den Querschnitt in zwei gleiche
 Theile theile, und die Hebelsarme der einwirkenden, dehnenden und zusammendrückenden Kräfte gleich
 seyen; so erhält er unter dieser Voraussetzung, aus der im vorigen §. angeführten Gleichung für a , a'
 und ihrer Summe, das Moment für die Fiber (da man $i : r = y v$ setzt), so wie das Moment
 für den Querschnitt, in einem Ausdruck, der eine Reihe darstellt, von den angenommenen Expo-
 nenten der dehnenden und zusammendrückenden Kraft abhängig, deren erstes Glied aber, seiner Form
 nach, mit dem oben im Texte angeführten identisch ist. Vergleicht man nun die constanten Coëffici-
 enten beider Ausdrücke, so ergiebt sich das Resultat, dass $(m+1) a:c$ gleich wäre $mAr(m+1)$,
 wo m die Potenz jener Kraft und A ihre Quantität ist, in der Bedeutung der Gleichung (1) des
 vorigen Paragraphen. Aus dieser rein theoretischen Deduction ergäbe sich also, was der Herr Verfasser
 sagt: das Spannkraftsmaass $a:c$ hänge ab von 3 unbekannten Grössen, dem Quantum der At-
 traction A , dem Radius ihrer Wirkungsweite r und dem Exponenten m der Repulsion. Der Uebers.).

dende Gleichgewicht zeigt also, dass $\int y^3 dx = \int y'^3 dx$ ist; demnach ist das totale Spannungsmoment des Querschnitts $= \frac{2}{3} \frac{a}{c} \frac{1}{\rho} \int y^3 dx$ (3).

Die Momente des angebrachten Gewichts P und des eigenen Gewichts der Stange werden also bestimmt. In der Fig. 16. sey Kx die Abscissenachse, Ks die Ordinatenachse. Man setze für den Punkt m , $KA = z$, $Ks = t$; den Bogen $Km = s$, das Gewicht der ganzen Stange $= w$ und ihre Länge $= l$; so wird das Moment des Bogens, das als constant angenommen wird, $= \frac{w}{l} ds$, diess hingeführt auf irgend einen Punkt m' zwischen K und z wird seyn $(z - z') \frac{w}{l} ds$. Das Moment der angebrachten Last, auf demselben Punkt m hingeführt, wird Pz seyn *). Daraus ergibt sich die Gleichung

$$\frac{2}{3} \frac{a}{c} \frac{1}{\rho} \int y^3 dx = \frac{w}{l} \int (z - z') ds + Pz$$

oder, weil man von z' gleich Null bis auf z integrieren muss,

$$\frac{2}{3} \frac{a}{c} \frac{1}{\rho} \int y^3 dx = \frac{w}{l} zs - \frac{w}{l} \int z ds + Pz \quad (4).$$

§. 36. Ehe wir weiter gehen, wird es nicht undienlich seyn, aus obiger allgemeinen Gleichung (4) die bei den Schriftstellern am gewöhnlichsten vorkommenden Ausdrücke herzuleiten. Setzt man statt des Krümmungshalbmessers seinen Werth $-ds^3 : dz d^2t$, und nimmt man über diess, wie allgemein die Schriftsteller, $dz = ds$, so erhält man

$$-\frac{2}{3} \frac{a}{c} \frac{ddt}{dz^2} \int y^3 dx = \frac{1}{2} \frac{w}{l} z^2 + Pz.$$

Für einen kreisförmigen Querschnitt, dessen Radius R ist, wird $\int y^3 dx = \frac{3}{8} \pi R^4$, wenn π das Verhältniss der Peripherie zum Durchmesser (diess wird erwiesen, wenn man für y substituirt $R \sin. c$, wo c die veränderliche ist). Nach einmaliger Integration verwandelt sich dann obige Gleichung in

$$-\frac{1}{4} \frac{a}{c} \pi R^4 \frac{dt}{dz} = \frac{1}{6} \frac{w}{l} z^3 + \frac{1}{2} Pz^2 + C.$$

Die Constante C wird daraus bestimmt, dass $\frac{dt}{dz}$ Null wird, wie $z = l$ ist. Mit dieser Constanten ergibt sich aus einer zweiten Integration, in welche keine Constante eintritt, weil t und z zugleich mit einander verschwinden

$$\frac{1}{4} \frac{a}{c} \pi R^4 t = \frac{1}{2} \frac{w}{l} \left(\frac{1}{3} l^3 z - \frac{1}{12} z^4 \right) + P \left(\frac{1}{2} l^2 z - \frac{1}{6} z^3 \right).$$

*) In wie weit diese Annahme unrichtig ist, wird sich in der Folge zeigen. Wir wollen bis auf weiteres die Correction dabei übergehen (s. §. 38.).

Diese Gleichung verwandelt sich für die grösste Ordinate, an dem Punkte K' , die wir f nennen wollen, wo $z = l$ wird, in

$$\frac{1}{4} \frac{a}{c} \pi R^4 f = \frac{1}{8} \omega l^3 + \frac{1}{3} P l^3 \quad (5).$$

Daraus ergeben sich die zwei Gleichungen bei DULEAU (I Section §. I. 2 u. 4.) für f , in den zwei Fällen, wenn man entweder $\omega = \text{Null}$ setzt, oder P .

Für einen rechtangulären Querschnitt, dessen Breite b und Höhe h ist, erhält man $\int y^3 dx = \frac{1}{8} b h^3$, und aus der Gleichung ergibt sich wie vorhin 5)

$$\frac{1}{12} \frac{a}{c} b h^3 f = \frac{1}{8} \omega l^3 + \frac{1}{3} P l^3.$$

Setzt man in dieser Gleichung $\omega = 0$, so erhält man die Formel, die BARLOW (a. a. O. p. 118.) anführt $\frac{1}{4} \frac{a}{c} = P l^3 : b h^3 f$, das, was er E nennt, und die Spannkraft, ist also diess $\frac{1}{4} \frac{a}{c}$, er sucht seinen Werth durch Versuche p. 126.

Um Herrn EYTELWEINS Ausdrücke (a. a. O. §. 114. p. 134. abzuleiten), setze man allgemein $\frac{2}{3} \frac{a}{c} \int y^3 dx = E^2$, und entweder $\omega = 0$ oder $P = 0$, so erhält man aus der Gleichung (5) seine zwei Werthe von f *).

§. 37. In allen von uns angestellten Versuchen — den einzigen mit der Stange Nro. 6. ausgenommen — wurde das eigene Gewicht der Stange durch ein besonderes Gegengewicht aufgehoben, die Gleichung (4) nimmt also, da demnach ω Null wird, wenn man setzt $\frac{2}{3} \frac{a}{c} \int y^3 dx = B$ (6) die Gestalt an — $\frac{B dz ddt}{ds^3} = Pz$. Um diese Gleichung zu integrieren, setze man $\frac{dt}{dz} = p$ und substituire die Grösse g in der Gleichung $1 + p^2 = (p + g)^2$, dadurch erhält man als erstes Integral $-\frac{2B}{1+g^2} = \frac{1}{2} Pz^2 + \text{Constans}$. Die Constante bestimmt sich dadurch, dass, wenn $p = \text{Null}$ oder $g = 1$ wird, $z = l$ wird; stellt man den Werth von g durch p dar, so erhält man nach einigen Reductionen **)

$$p = \frac{dt}{dz} = \frac{1}{2} \frac{P}{B} (l^2 - z^2) : \sqrt{1 - \frac{1}{4} \frac{P^2}{B^2} (l^2 - z^2)^2} \quad (7).$$

*) EYTELWEIN sucht sodann §. 141. den Einfluss der fehlerhaften Annahme, dass man dz und ds gleich gesetzt hat, und findet folgende Regel: "So lange bei einer elastischen Ruthe die grösste Ordinate nicht grösser als der zehnte Theil von der zugehörigen Abscisse wird, kann man sich zur Bestimmung der Natur der elastischen Linie des vorstehenden Ausdrucks (für f) mit Sicherheit bedienen."

**) Da wir oben Herrn EYTELWEINS Ausdruck, so wie der Schriftsteller überhaupt, angeführt haben, müssen wir anführen, dass diese Gleichung bei ihm vorkommt §. 134. pag. 167. Equat. IV, was bei ihm E^2, Q, A ist, setzen wir B, P, l , da wir uns die Stange in einer lotrechten Mauer vorstellen.

Man erhält ein zweites Integral dieser Gleichung, wenn man das Radical im Nenner in eine Reihe entwickelt. Wirft man alle Glieder ausser dem ersten hinweg, so erhält man durch Zerlegung, wenn n gleich ist $2\sqrt{2}B:P$

$$\frac{dt}{dz} = \frac{2B}{p} \frac{1}{n-l^2+z^2} - \frac{2B}{p} \frac{1}{n+l^2-z^2}.$$

Die Integration geschieht nun durch Kreisbogen und Logarithmen, nämlich

$$t = \frac{2B}{p} \cdot N \text{ Arc. Tang. } NZ + \frac{2B}{p} M \text{ Log. } \frac{M+Z}{M-Z}$$

wobei man Kürze halber $n-l^2=1:N^2$, und, $n+l^2=1:m^2$ gesetzt hat; die Constante verschwindet, und die Logarithmen sind hyperbolische; demnach erhält man für die Ordinate f , für welche $z=l$ wird,

$$f = \frac{2B}{p} N \text{ Arc. Tang. } Nl + \frac{2B}{p} M \text{ Log. } \frac{M+l}{M-l} \quad (8).$$

Entwickelt man in dieser letztern Gleichung den Bogen und die Logarithmen, in Reihen fortschreitend, zuerst nach Potenzen von N und M mit l , und reducirt gehörig, so erhält man in den ersten Gliedern,

$$f = \frac{1}{3} \frac{Pl^3}{B} + \frac{3}{80} \frac{P^3 l^7}{B^3} + \dots \quad (9).$$

Woraus erhellt, dass die ersten Glieder dieser Reihe den gewöhnlichen Ausdruck, aus der Gleichung (5) abgeleitet, geben, wenn man, wie hier geschehen, ω Null setzt.

Man kann auch übrigens die Gleichung (7) nach Potenzen von Z entwickeln und integrieren, man erhält dann in den ersten Gliedern

$$t = \frac{1}{2} \frac{P}{B} \left(l^2 z - \frac{1}{3} z^3 \right) + \frac{1}{16} \frac{P^3}{B^3} \left(l^6 z - l^4 z^3 + \frac{3}{5} l^2 z^5 - \frac{1}{7} l^7 \right) \dots$$

daraus ergibt sich wiederum

$$f = \frac{1}{3} \frac{Pl^3}{B} + \frac{1}{35} \frac{P^3 l^7}{B^3} \dots$$

Hieraus folgt, dass das erste Glied gleichfalls den gewöhnlichen Ausdruck giebt; und ein Blick auf die Gleichungen (5) und (9) zeigt, dass jene den Werth von f zu klein, d. h. den Werth von B , also auch $\frac{a}{c}$ zu gross giebt.

§. 38. Wir kommen nun zur nähern Bestimmung des Hebelsarms, an welchem das Gewicht P in der Grundconstruction des Problems als wirkend gedacht wird. Wir setzten nämlich ihr Moment auf Pz (s. §. 35. und die Note zu Pz . S. 100.); dass diese Annahme eine blosser Näherung sey, sieht man leicht, wenn man das Gewicht P , welches in Fig. 20. durch die Linie KP vorgestellt werden soll, zerlegt; nach der Richtung der Tangente, am Anfang der Abscissen,

in KR , und darauf senkrecht nach KQ ; denn daraus ergibt sich, dass die Kraft des Gewichts sich in einen bloß dehnenden Theil KR , den wir hier bei Seite setzen können, und in einen bloß biegenden KQ , dessen Moment gleich $KQ.mo$ ist, wenn mo senkrecht auf KQ ist, zerlegt. Nun ist $KQ = P \cos. AKT$, und $\text{Tang } AKT = dt' : dz' = p'$, Kürze halber für den Anfang der Abscissen. Man erhält ferner mo aus den ähnlichen Dreiecken $Ac m$ und $Kc Q$, da es gleich ist $mc + co$; dadurch verwandelt sich, wenn man das so erhaltene Moment der Kraft P in die Gleichung (4) substituirt in

$$\frac{2}{3} \frac{a}{c} \frac{1}{\rho} \int y^3 dx = \frac{w}{l} zs - \frac{w}{l} \int z ds + \frac{tp' + z}{1 + p'p'} P.$$

Setzt man den Werth des Krümmungshalbmessers ρ , und das Integral des Querschnitts, wie oben, B , so erhält man für $\omega = 0$

$$- B \frac{dz ddt}{ds^3} = \frac{tp' + z}{1 + p'p'} P.$$

Um diese Gleichung, ohne Reihen, zu integrieren, müssen wir $dz = ds$ annehmen. Es könnte wohl scheinen, dass wir hiedurch wieder in den andern Fehler verfallen, vor welchem wir uns gerade durch die Einführung der Gleichung (8) verwahren wollten. Da sich aber der durch diese Annahme begangene Fehler leicht durch Vergleichung der Gleichungen (5) und (8) entdeckt; so haben wir hierin einen Ausweg, dem Einfluss dieser vereinigten irrigen Annahme zu entgehen, welche auf einmal ohne grössere Weitläufigkeit, als hier — wie sich späterhin zeigen wird — nöthig ist, sich nicht auseinandersetzen liessen. Die in Frage stehende Gleichung verwandelt sich demnach in

$$- B \frac{d^2 t}{ds^2} = \frac{p' P}{1 + p'p'} t + \frac{P}{1 + p'p'} z.$$

Diese Gleichung nimmt die Form an $\frac{ddt}{dz^2} + Qt + Kz = 0$.

Um sie zu integrieren, setze man $t = Zy$, wo Z und y Functionen von z sind; dadurch erhält man, nach gehöriger Substitution, eine Gleichung, die sich in zwei Theile zerlegen lässt

$$\frac{ddy}{dz^2} + Qy = 0 \text{ und } 2 \frac{dZ}{dz} \frac{dy}{dz} + y \frac{ddZ}{dz^2} + Kz = 0.$$

Die Integration der erstern giebt $y \sqrt{\frac{Q}{D}} = \sin. z \sqrt{Q}$, die erste Constante ist D , die zweite verschwindet. Setzt man diesen Werth in die zweite obige Gleichung, so erhält man, wenn man $Z\sqrt{Q} = z'$ setzt, und $\sqrt{Q} = Q'$

$$\frac{ddZ}{dz^2} + 2 Q' \frac{\cos. Z'}{\sin. z'} \frac{dZ}{dz} + K \frac{Q'}{D'} \frac{z}{\sin. z'} = 0.$$

Diese Gleichung hat eine bekannte Form, und giebt nach gehöriger Integration, mit Anbringung der zwei Constanten, nämlich C aus der ersten Integration und F aus der zweiten

$$Z = \frac{-K}{Q D'} \frac{z'}{\sin. z'} - \frac{C}{Q'} \frac{\cos. z'}{\sin. z'} + F.$$

Daraus ergibt sich der Werth von t , wenn man mit y multiplicirt, da $t = Zy$ gesetzt worden, also

$$t = \frac{-K}{Q'} z' - \frac{C D'}{Q'} \cos. z' + F \frac{D'}{Q'} \sin. z'.$$

Es ist noch die Bestimmung der Constanten übrig. Nun ist t und Z' zugleich Null, folglich muss, nach dieser Gleichung, C auch Null seyn, aber, wenn $z = l$ ist, so muss $\frac{dt}{dz}$ gleich Null seyn, daraus ergibt sich für die Bestimmung der Constanten F die Gleichung $\frac{-K}{Q} + F D' \cos. l Q' = 0$. Diess giebt den Werth von t vollständig aus der Gleichung, die oben hergeleitet worden, nämlich

$$Q t = -K z + R \sin. Q' z : Q' \cos. Q' l.$$

Daraus ergibt sich der Werth der grössten Ordinate f , für welche statt z gesetzt werden muss l , nach einer leichten Reduction, wobei noch die Tangente nach Potenzen ihres Bogens entwickelt wird, wodurch die erste Potenz desselben aus der Gleichung für f verschwindet; und nach Wiederherstellung der Werthe von Q , und K endlich

$$f = \frac{1}{3} \frac{1}{1+p'p'} \frac{P l^3}{B} \left(1 + \frac{2}{5} \frac{1}{1+p'p'} \frac{P l^2}{B} + \dots \right).$$

Bei den Werthen von l , (der Länge der Stange) P des zur Biegung angewandte Gewichts, B des Spannungsmoments des Querschnitts, und p' der Tangente des Spannungswinkels, welche hier vorkommen, liegt das zweite Glied dieser Reihe bereits weit ausserhalb der Grenzen der Genauigkeit, die hier in Frage kommt, und wir können demnach, uns mit dem ersten begnügend, setzen

$$f = \frac{1}{3} \frac{P}{1+p'p'} \frac{l^3}{B}.$$

Vergleicht man diesen Ausdruck mit dem, gemäss der Annahme, dass der Hebelsarm von $P = z$ sey, erhaltenen; so ergibt sich aus gegenwärtiger besonderer Untersuchung, dass man statt P setzen müsse $\frac{P}{1+p'p'}$, um auf die fragliche Correction Rücksicht zu nehmen.

§. 39. Ehe wir weiter gehen, muss die Genauigkeit für f in den Gleichungen (8) und (9) bestimmt werden. Was die Gleichung (8) betrifft, so wird dazu erfordert, entweder dass sie umgewandelt und $\frac{a}{c}$ als eine Function von f dargestellt werde, wovon jetzt das Gegentheil statt findet *), oder man müsste irgend einen Werth von $\frac{a}{c}$ annehmen, und den mit derselben (aus der Gleichung [8]) berechneten Werth von f mit dem Versuch selbst vergleichen. Die erste Alternative mussten wir hier umgehen, da eben die Frage selbst die Convergenz **) der Reihe (9), die aus der Gleichung (8) hergeleitet worden ist, betrifft. Demzufolge mussten wir einen Werth von $\frac{a}{c}$ annehmen. Wir wollen zu dem Ende den aus der gewöhnlichen Theorie erhaltenen Werth suchen.

Obgleich die Versuche nicht so angestellt wurden, wie Fig. 16. vorstellt, so bleibt doch die (durch Biegung erhaltene) krumme Linie dieselbe. Denn wenn man die ganze Stellung von Fig. 16. in Fig. 21. verändert, so dass man sich vorstellt, die elastische Stange $k K' K$ liege über dem Unterstützungspunkt o und trage zwei gleich grosse Gewichte P und P' an beiden Enden, und man setzt sodann die ganze Länge der Stange $= 2l$, so hat sich eigentlich keine andere Aenderung begeben, als dass man zwei Exemplare von einem und demselben Ding erhalten hat. Lassen wir nun die Unterstützung o wegnehmen, und dagegen zwei andere Stützen in K und k anbringen (Fig. 22.) und die Gewichte P und P' gemeinschaftlich in der Mitte bei K' wirken, wo vorher die Stütze war, in o Fig. 21., so bleibt offenbar das Gleichgewicht ungestört. Auf diese letztere Art wurden die Versuche angestellt; daraus folgt, dass, bei der Anwendung der Theorie auf dieselbe, wir l gleich der halben Länge der Stange und P gleich der Hälfte des in den Versuchen angewandten Gewichts setzen müssen. Aus dieser Ursache haben wir auch in dem andern Theil dieses Werks — wo die Versu-

*) In der Gleichung (8) enthalten die Grössen N und M , der angenommenen Bezeichnung gemäss, die Grösse B , welche als Factor $\frac{a}{c}$ hat. Man müsste demnach zuerst, wie oben geschehen, nach Potenzen von M und N entwickelt haben, und dann wiederum nach Potenzen von n , und dann erst die Reihe umkehren.
Der Uebers.

**) Wenn man nach Potenz von $n^2 : l^2$ entwickelt, erhält man zwei Reihen, worin die geraden Potenzen sich gegen einander aufheben, aber die ungeraden als Coëfficienten unendliche Reihen haben, deren Glieder Coëfficienten von negativen Potenzen sind und ohne Ende zu nehmen, weil in dem Ausdruck selbst in Gleichung (8) lauter negative Potenzen vorkommen. Ueber die Convergenz lässt sich demnach daraus nicht entscheiden.
Der Uebers.

che, wie sie im Protokoll vorkommen, verzeichnet sind, was man ihren rohen Zustand nennen könnte — die Grösse $2P$ über die Colonne gestellt, worin sich die zur Biegung der Stangen angewandten Gewichte befinden.

Der Irrthum in dem gewöhnlichen Ausdruck der Gleichung (5) wird sich natürlich in seinem höchsten Grad bei den grössten Niederbiegungen offenbaren. Im gewöhnlichen Zustand der Stangen konnten diese nicht weit getrieben werden, ehe die Stange eine bleibende Senkung annahm; aber aus den Stangen, welche im Verlaufe der Streckungsversuche zu lang waren, um in der Presse zerissen zu werden, wurden zwei herausgenommen, Nro. 17.b) und 51.b), welche sodann alle Arten, die Spannkraft zu untersuchen, durchmachten. Wir fanden dabei, dass das Strecken dieselbe Wirkung auf das verschiebbare (ductile) Eisen äussert, wie die Härtung auf den Stahl, nämlich die Grenze der Spannkraft bedeutend zu erweitern. Diese Stangen gaben also eine grössere Biegung als andere, weswegen wir, zu der in Frage stehenden Vergleichung eine derselben wählen müssen, z. B. Nro. 17. b).

Aus der Gleichung (5) folgt, wenn man den Werth von B aus (6) wiederherstellt, $\frac{a}{c} = \frac{1}{2} P l^3 : f \int y^3 dx$. Nun war die Stange 17. b) rund; für sie wird also nach §. 36. das Integral bestimmt, und man erhält $\frac{a}{c} = \frac{4}{3} P l^3 : f \pi R^4$. Setzt man in diese Gleichung den Werth f , wie er aus der Biegung von $85^0,1$ nach gehöriger Reduction vermittelt der Constante S. 46. erhalten wird, nämlich 27,279, den Werth von $l = 325$, von $R = 2,06294$, den Werth von P nach Reduction auf Schiff $\frac{3}{80}$, wozu im IIten Theil die Data angegeben werden, so ergiebt sich $\frac{a}{c} = 1106$. Dieser Werth ist, gemäss dem, was wir §. 37. gefunden haben, zu gross; wir können ihn also, um die Gleichungen (8) und (9) zu probiren, kleiner annehmen, z. B. 1080, zumal der Werth dieser Grösse kleiner ausfällt, sowohl in den direkten Dehnungs-, als auch Drehungs- und Schwingungs-Versuchen. Nun findet sich das corrigirte P , gemäss §. 38. am Ende, aus dem Werthe von $1 + p p'$, der sich aus der Gleichung (7) ergiebt, wenn man in ihr z gleich Null setzt. Der Werth von B findet sich nach Gleichung (6) und aus dem Integral für runde Stangen nach §. 36., und dem eben angenommenen Werthe $\frac{a}{c}$; daraus ergiebt sich M und N . Setzt man diese Grössen in die Gleichung (8), so findet man $f = 27,615$; die Gleichung (9) mit denselben Data

giebt $f = 27,663$. Daraus erhellt, dass diese Werthe von f sich unbedeutend von einander unterscheiden, und dem oben nach den Versuchen angegebenen 27,279.

§. 40. Wir haben im §. 38. gefunden, dass das corrigirte Moment von P wird $P : (1 + p' p')$. Nun lässt sich näherungsweise der Werth des Divisors, aus der Gleichung (7) berechnet, durch f ausdrücken, wenn man diesen Werth nach der Gleichung (9), wovon man blos das erste Glied beibehält, bestimmt, welches der Werth nach der gemeinen Theorie ist. Man erhält nach einigen Reductionen das corrigirte $P = (1 - \frac{9}{4} g')$, wo g' Kürze halber $= f : l$ gesetzt worden; das P wird natürlich aus den rohen Versuchen im IIten Theil genommen.

Setzt man diess corrigirte P in das erste Glied der Gleichung (8), und in das zweite wieder den oben angenommenen Werth von f , so erhält man

$$3 B f = (1 - \frac{5}{4} g') P l^3;$$

stellt man den Werth von B wieder her, so erhält man eine neue Gleichung zur Bestimmung von $\frac{a}{c}$, nämlich

$$\frac{a}{c} = (1 - \frac{5}{4} g') P l^3 : 2 f \int y^3 dx. \quad (10).$$

Wir sind nun im Stande, den Spannkrafts-Coëfficienten mit grosser Genauigkeit aus einer gebogenen Stange zu berechnen; und da wir bereits gesehen haben, dass die gemeine Theorie den Werth von $\frac{a}{c}$ gleich 1106 giebt, so ist es nun in der Ordnung nachzusehen, ob und wie viel dieser Werth von dem wahren (rechten) sich unterscheidet. Die Rechnung für die Gleichung (10) giebt $\frac{a}{c}$ gleich 1096.

Die erstaunliche Genauigkeit, womit die Gleichung (5) (sie giebt $3 B f = P l^3$ für diesen Fall) wirklich das Biegungs-Phänomen darstellt, beruht darauf, dass die zwei Correctionen *), welchen diese Gleichung unterworfen ist, in entgegengesetzter Richtung wirken. Die Stange Nro. 17. b), welche wir hier zur Prüfung der Genauigkeit in dem Ausdruck für die Biegung berechneten, erlitt die grösste Biegung von allen Stangen, die wir versuchten. — Wir ziehen hieraus den Schluss, dass die Gleichung (5) mit hinlänglicher Genauigkeit den Coëfficien-

*) Die erste ist im §. 37. betrachtet, herrührend davon, dass dz gleich ds gesetzt worden; die andere §. 38. die Correction des Hebelsarms, an dem P wirkt. Der Uebers.

ten der Spannkraft bestimmt, wie auch dass man annehmen kann, die Zusammendrückung befolge dasselbe Gesetz, wie die Dehnung, und beruhe auf demselben Maass *).

Nur runde und quadratische Stangen wurden untersucht. Setzt man den Radius der runden R , und die Seite der quadratischen S , so erhält man endlich, wenn man die Werthe von $\int y^3 dx$ setzt, welcher für die quadratische $\frac{1}{8} S^4$ ist, aus der Gleichung (5)

$$\left. \begin{array}{l} \text{für runde Stangen} \quad \frac{a}{c} = \frac{4}{3} P l^3 : \pi f R^4 \\ \text{für quadratische Stangen} \quad \frac{a}{c} = 4 P l^3 : f S^4 \end{array} \right\} (11).$$

Nach diesem Ausdruck ist die Biegung für jede Stange berechnet worden. Die Resultate sind mit dem Drehungs- und Schwingungsresultate und dem der direkten Dehnungs in einer gemeinschaftlichen Tabelle §. 57. aufgestellt.

§. 41. Die Grenze der Spannkraft wird für jeden Biegungsversuch angegeben. Man sieht aus dem zweiten Theil, dass die Stange Nro. 9. nach 18 $\mathfrak{H}$ Belastung bereits aufhörte, ihre vollkommene Geradheit wieder anzunehmen. Hier treten nun die zwei Fragen auf: Welcher Punkt in der Eisenstange ist am meisten gespannt? — Wie gross ist die Spannung in diesem Punkt?

Dass die Fiber, welche auf der Oberfläche eines gebogenen Körpers liegt, die grösste Spannung erleidet, ist klar. Nach dem in §. 35. angenommenen Bezeichnung ist ν die Dehnung oder Zusammendrückung für die Einheit der Länge in der Einheit des Abstandes von der Centrallinie, sie ist demnach $R \nu$ an der Oberfläche des Körpers, und demnach $R : \rho$ für jeden beliebigen Punkt der Stange, nach §. 35. Setzt man in der Gleichung (4) ω gleich Null, so erhält man $\frac{R}{\rho} = \frac{3}{2} \frac{c}{a} P z : \int y^3 dx$. Dieser Werth ist am grössesten, wenn Z am grössesten ist, d. h. im Punkte K' Fig. 16., wo Z gleich l ist. Setzt man die Werthe von dem Divisor, so erhält man demnach, wenn man noch bedenkt, dass $c : a$ gleich $C : A$ ist,

$$\left. \begin{array}{l} \text{für runde Stangen} \quad C = \frac{3 R f}{l^2}; \quad A = 3 \frac{a}{c} \frac{R f}{l^2} \\ \text{für quadratische} \quad C = \frac{3}{2} \frac{S f}{l^2}; \quad A = \frac{3}{2} \frac{a}{c} \frac{S f}{l^2} \end{array} \right\} (12).$$

*) Denn diese beiden Annahmen sind in jene Gleichung eingegangen.

Der Uebers.

DULBAU hat denselben Schluss aus einem für diesen Zweck besonders angestellten Versuch gezogen.

A. a. O. p. 26. 27.

Um diese Ausdrücke auf unsere Versuche (z. B. bei der Stange Nro. 1.) anzuwenden, bemerken wir, dass die Stange im erstern Zustand mit 3 Mark Gegengewicht in Wasserpass gebracht wurde, aber nach der Belastung mit 18 Ü , dazu $3\frac{1}{8}$ Ü erfordert wurden, und nach einer weitem Belastung mit $18\frac{3}{4}$ Ü , dazu $3\frac{3}{8}$ Ü erfordert wurden. Wir können demnach annehmen, dass die Spannkraft mit 15 Mark (Pfund) Belastung nicht überschritten war. Setzt man die Werthe von f , wie sie sich aus der im Versuch gefundenen Biegung von $27\frac{1}{2}$ Grad ergeben, von $\frac{a}{c}$ nach der Gleichung (11) und multiplicirt mit dem Querschnitt, für den Radius R gleich 2,2360; so erhält man 10,06 Schiff Ü als das Gewicht, welches diese Stange tragen kann, ohne die Spannkraft zu verlieren, gemäss der durch Biegung gefundenen Grenze *). Die Resultate kommen mit denen gleicher Art gemeinschaftlich in der Folge vor.

Theorie der Drehung.

§. 42. Der zu drehende Körper sey ein Cylinder, welcher horizontal befestigt in einer lotrechten Mauer WW sitzt (Taf. XI. Fig. 1.). Bei diesem Cylinder, den man in der Figur an seinem Ende und der Länge nach sieht (man denkt sich das Auge im Wasserpass mit der Achse), denken wir uns eine Oberfläche zum Radius r gehörig, der aber alle mögliche von $r = 0$ bis $r = R$ bedeuten soll. Das freie Ende des Cylinders sey eine Zirkelfläche vom Radius S ; ein an dem Umkreis befestigtes und umgewickeltes Band werde durch das angehängte Gewicht P gespannt, während durch einen central eingesetzten Bolzen D der Cylinder nur um seine Achse, den Punkt o , den Mittelpunkt der Endfläche, sich drehen kann. Den Gewichtsantheil von P , welcher dem hier gedachten Cylinder angehört, setzen wir p , sein Moment also Sp . Das Drehungsmoment der Cylinderfläche AB wird demnach Sdp . Wenn nun die Linie ac , die im ungedrehten Zustand des Cylinders gerade ist und horizontal liegt, durch Drehung zu ac' , einer krummen und schiefen Linie, umgestaltet wird; so wird das Gewicht, welches diese Veränderung hervorgebracht hat, durch $Sdp : r$ gleich S' ausgedrückt, da man sich vorstellt, dass das Gewicht an der Cylinderoberfläche AB wirkt, deren Hebelsarm r ist. — Die Länge des Cylinders setzen wir l .

*) Den Ausdruck für C bei runden Stangen hat DULEAU a. a. O. p. 78., und TREDGOLD hat das grösste Gewicht, das, ohne die Spannkraft zu verlieren, einen Balken tragen kann, übereinstimmend a. a. O. p. 125.

Die Fig. 2. Taf. XI. stellt einen Theil von der Endfläche des Cylinders vor, oder den Cylinder senkrecht betrachtet, wodurch seine Achse sich in den Punkt o projecirt. Die Wirkung des Gewichts S' geht nun auf Niederbiegung des Punktes C nach c' , samt allen übrigen auf der Linie ac (Taf. XI. Fig. 1.) liegenden Punkten. Wir nehmen an, dass diese Veränderung bloß innerhalb der Grenze der Spannkraft statt habe, und klein genug sey, dass man sie als in einer und derselben Ebene — der Berührungsebene des Cylinders nach der Linie ca nämlich — geschehend vorstellen kann.

Die Linie amc' (Taf. XI. Fig. 3.) stelle demnach die Lage der Fiber unter der Drehung vor, ac ihre Lage in dem ungedrehten Zustande. Man ziehe durch c , eine horizontale Linie, und errichte darauf senkrecht $c's$, welche das senkrecht wirkende Gewicht S' vorstelle. Es sey m irgend ein Punkt, nach Belieben in der Fiber ac' genommen; tc' und mn seyen Tangente an die Punkte c' und m . Auf die Tangente im ersten Punkt errichte man einen Perpendikel, und darauf sr senkrecht; so ist die Kraft zerlegt in eine senkrecht auf die Tangente $c'r$, und in eine nach der Richtung der Tangente sr .

Die Lage des Punkts m wird bestimmt durch die rechtwinkligen Coordinaten $c'x$ gleich x , und xm gleich y , und den Bogen $c'm$ gleich s ; die Abscissenachse ist parallel mit ca . Auf der Fiber $c'a$ nehmen wir, gegen die Mauer zu, das Stück mm' , und setzen es $ds:dx$; die Tangenten durch die Punkte m und m' schneiden sich in n , und die Perpendikel auf diese Tangenten in ρ . Wäre nun der Bogen mm' gleich ds gesetzt worden, so wäre die Linie ρm der Krümmungshalbmesser. Nun haben wir ihn zwar dafür $ds:dx$ genommen, also etwas grösser als die Einheit; wenn wir jedoch die Kleinheit der ganzen Niederbiegung, da sie die Spannkraftsgrenze nicht übersteigt, erwägen; so können wir immerhin mit Sicherheit ρm für den Krümmungshalbmesser nehmen, da auch die Schwingungslänge l gewöhnlich 650 bis 700 Linien beträgt, die ganze Niederbiegung cc' dagegen gewöhnlich nur 15 bis 25°, was $\frac{2}{3}$ Linien entspricht. Die Linie ρn scheide den Bogen mm' , den wir als eine gerade Linie betrachten, in o ; so sind die Seiten nm und nm' gleich gross (denn sie gehören zu dem Triangel $nm m'$, der gleichschenkelig ist, weil die Tangenten an zwei nahegelegenen Punkten der krummen Linie in dem Vieleck, aus welchem die krumme Linie besteht, die 2 gleichen Seiten bilden). Nun sind auch in mm' rechte Winkel auf die Tangente; daraus ergibt sich der Winkel $m\rho m'$ gleich den doppelten

nmm' , also auch $\text{Sin. } nmm' = ds : 2 \rho dx$. Da bei der Kleinheit der Winkel die Sinus genommen werden können.

§. 43. Wie man sich auch immer vorstellen mag, dass die Krystalle, oder die durch Hämmern oder Walzen der Krystalle entstandenen Fasern, beim Uebergang von dem ungespannten in den gedrehten Zustand, ungeändert werden; so ist doch ganz natürlich, dass, wenn dx die Länge eines irgendwo genommenen Theils der Fiber im ungespannten Zustand ist, derselbe im gedrehten Zustand ds ist. Denn wir stellen uns vor, die Drehung geschehe innerhalb der Grenze der Spannkraft, und wir können annehmen, dass jeder Punkt der Fibern beim Drehen in einem und demselben Querschnitt bleibt, weil die möglicherweise existirende Compressionswirkung *) in dieser Hinsicht ausserhalb der Grenzen bestimmbarer Grössen fällt. Demnächst fällt klar in die Augen, dass, weil die Fiber bis ans Ende gleichartig ist, $ds : dx - 1$ die Dehnung für die Einheit der Länge an jedem beliebigen Punkt vorstellt; weil nach der Bezeichnung ds zu dx , wie die Länge der Einheit nach der Drehung zur Einheit der Länge im ungespannten Zustand. Wenn nun a und c die Bedeutung wie bisher haben und wie §. 34., so erhält man die Kraft, womit alle in der Oberfläche des Cylinders AB $2 \pi r dr$ gleich gelegene Punkte einander wechselseitig im gedrehten Zustande ziehen

$$= \frac{a}{c} 2 \pi r dr \left(\frac{ds}{dx} - 1 \right) = b^1 \left(\frac{ds}{dx} - 1 \right) \dots (1)$$

wenn man den ersten Factor b^1 schreibt.

Diese Kraft zerlegt sich in eine in der Richtung der Tangente wirkende, in vm (Taf. XI. Fig. 3.), und in eine darauf senkrechte, vm' ; nach dem oben entwickelten Werth vom Winkel nmm' wird diese Normalkraft

$$vm^1 = b^1 \left(\frac{ds}{dx} - 1 \right) \frac{ds}{2 \rho dx} \dots (2)$$

sie drückt das Bestreben der gespannten Fiber vor, ihre geradlinigte Stellung im ungespannten Zustand wieder anzunehmen.

Die in dem Punkte c' (Taf. XI. Fig. 3.) lotrecht wirkende Kraft S' zerlegt sich gleichfalls in dem Theil $c'r$ senkrecht auf die Tangente oder Normale, und den Theil sr in der Richtung der Tangente. Den ersten können wir uns längs der Fiber vertheilt vorstellen, denn in jedem Punkte findet sich eine von

*) In der Fiber, die Wirkung der Compression auf den Cylinder, s. §. 46.

der Spannkraft herrührende Normalkraft. Gemäss dieser Vertheilung kommt demnach auf mm' (den Bogen der Einheit) der Antheil S' , multiplicirt mit $dx : l ds$. Es wird also das Moment des normalen Theils, nach dem Punkt m hingeführt,

$$\left. \begin{array}{l} S' \frac{x}{l} \frac{ds}{dx} \dots \\ \text{der andere Theil, die Spannung der Fiber} \\ \text{am Anfang der Abscissen ausdrückend,} \\ S' \frac{dy'}{ds'} \dots \end{array} \right\} \dots (3)$$

wenn nämlich dy' , ds' die Werthe am Anfangspunkt der Abscissen, wo y und s Null sind.

Nun sollte das erstere Moment gleich seyn der normalen Spannung in der Gleichung (2), wenn die Fiber einzeln wäre, und demnach beim Uebergang vom ungespannten Zustand in den gedrehten von den Seitenfibern keine Einwirkung erlitte. Um zu untersuchen, ob diess sich so verhalte oder nicht, wollen wir wirklich das Gleichgewicht zwischen diesen Normalkräften annehmen. Wir erhalten sodann, wenn man den Werth ρ des Krümmungshalbmessers setzt, und

$$2 S' : b' = A' \quad (4),$$

nach gehöriger Reduction und Substitution des Werths von ds

$$\frac{A' x}{l} = \frac{-d^2 y}{dx^2} \left(1 - \left(1 + \left(\frac{dy^2}{dx^2} \right) \right)^{-\frac{1}{2}} \right).$$

Man erhält das erste Integral $dy : dx$ oder q dieser Gleichung, indem man in Reihen entwickelt und die Constante so bestimmt, dass die Fiber für $x = l$ an der Mauer wagrecht, also q gleich Null*) wird. Vernachlässigt man sofort die höhern Potenzen von q in dem Integral, so giebt sich

$$q dx \text{ oder } dy = dx \sqrt[3]{\frac{3 A'}{l} (l^2 - x^2)};$$

das Integral muss abermals, um y zu erhalten, nach Reihen dargestellt werden. Um Convergenz Z zu erhalten, wird die Substitution $1 - x : l = u^3$ angenommen und nach Potenzen von u entwickelt; die Constante wird aus dieser Reihe bestimmt für den Fall, dass für y und x zugleich Null, u gleich 1 wird; die

*) Diess ist zwar nicht vollkommen richtig, denn daraus würde folgen, dass auch der Krümmungshalbmesser Null ist; wir haben aber keinen Grund auf den kleinen Werth obiger Grösse hier Rücksicht zu nehmen (s. unten die Note zu §. 44.).

Reihe für diese Constante, welche sehr convergent ist, hat Herr CARELL berechnet $\frac{1}{3} 0,841298 \cdot \sqrt[3]{4}$. Man erhält dann

$$y \cdot \frac{1}{3} \sqrt[3]{4} = l \sqrt[3]{3} A' l u^4 \left(\frac{1}{2} + \frac{2}{3} \frac{1}{3} U : 7^7 + \frac{2}{3} \frac{1}{6} U^2 : 20^{10} \right. \\ \left. + \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{6} \frac{1}{9} U^3 : 52^{13} + \frac{2}{3} \frac{5}{6} \frac{8}{9} \frac{1}{12} U^4 : 128^{16} + \dots \right) + C.$$

wenn man $u^3 = U$ setzt. Sofort ergibt sich auch der Werth für y' am Anfangspunkt der Abscissen, wo x gleich l und u Null wird; nämlich $y^1 = 0,841298 l \sqrt[3]{3} A' l$. Man setze $0,841298 = B$ (5).

Nun ergibt sich aber, wenn man aus Combination der Gleichungen 1 und 3 einen Werth von $dy : dx$ für den Anfangspunkt der Abscissen sucht, das heisst den besondern Werth $dy' : dx'$, die Gleichung $b' \left(\frac{ds}{dx} - 1 \right) = s' \frac{dy'}{ds}$, wo auch ds' dem Anfangspunkt zugehört; daraus ergibt sich unmittelbar, wenn man, wie oben die höhern Potenzen von $dy' : dx'$ vernachlässigt, $dy' = A' dx'$; aber diess oben gefundene erste Integral für dieselbe Grösse, wenn man darin x gleich Null setzt, giebt $dy = \sqrt[3]{3} A' l dx'$; die Identität dieser beiden Werthe führt auf die Gleichung $(A')^2 = 3 l$; das heisst, auf ein Verhalten zwischen p und r aus dem Drehungsbogen, welche nach Gleichung (4) in A' enthalten sind. Diess weist auf die Unrichtigkeit der Annahme, dass beim Uebergang vom ungespannten in den gedrehten Zustand die Fibern von ihren benachbarten keine Einwirkung erleiden.

§. 44. Das Ergebniss des vorhergehenden §. ist demnach, dass die Normalkraft (3), welche das Drehungsgewicht, auf irgend einen Punkt der gedrehten Fiber, ausübt, nicht im Gleichgewicht ist mit der Normalkraft in der Gleichung (2), welche die Dehnung der Fiber längs derselben in sich trägt. Man kann aber den Ausdruck für diese letztere als ein Product ansehen, dessen einer Factor $\frac{a}{c} 2 \pi r dr$ von der Lage des Punkts m unabhängig und constant in diesem Betracht ist, und der andere $\left(\frac{ds}{dx} - 1 \right) ds : 2 \rho dx$ mit dem Punkt m sich verändert. Wir wollen nun bis auf Weiteres all die Untersuchung, worauf sich der gefundene Unterschied in den Normalkräften verwende, bei Seite setzen, und fürs Nächste nur die Gleichung der krummen Linie suchen, indem wir statt des obigen constanten Factors b' eine Grösse b annehmen, damit wir die besagten Normalkräfte als mit einander im Gleichgewicht setzen können; wie die Grösse b

bestimmt werde, wird später besorgt werden. Demgemäss setzen wir inzwischen mit Beibehaltung der Bezeichnungsart

$$S' : b = \alpha (6); \quad b \left(\frac{ds}{dx} - 1 \right) \frac{ds}{q dx} = S' \frac{x}{l} \frac{dx}{ds}$$

und erhalten dann eine Gleichung ganz ähnlich der im vorigen §., und daraus ganz auf dieselbe Weise als erstes Integral*) $dy = dx \sqrt[3]{3 \alpha (l^2 - x^2) : l} \dots (7).$

Man erhält durch Reihenentwicklung aus obiger Gleichung (3)

$$y = \sqrt[3]{\alpha l} \left(1 - \frac{1}{9} X^2 - \frac{1}{45} X^4 - \frac{5}{567} X^6 \dots \right) x, \text{ wenn } x : l = X;$$

also wenn y' der Werth von y für x gleich l , nach der numerischen Entwicklung des vorigen §.

$$y' = 0,841298 \, l \sqrt[3]{\alpha l}; \text{ also auch } = 0,841298 \, l \, q' \dots (8).$$

Wir setzten die Zahlengrösse gleich B . Um die Grösse α , in welcher die angenommene Constante b eingeht, zu bestimmen, betrachten wir die Gleichungen (1) und (3), von welchen die erstere für jeden beliebigen Punkt der Fiber im Allgemeinen die Spannung längs derselben ausdrückt. Im Anfangspunkte der Abscissen müssen jene beiden Gleichungen einerlei Spannungsausdruck geben. Man erhält dieselbe Gleichung demnach wie im vorigen §., und annähernd auf gleiche Weise $q' = A'$, die Gleichung (7) giebt aber für eben den Anfangspunkt $q' = \sqrt[3]{3 \alpha l}$; daraus folgt

$$q' = A'; \quad 3 l \alpha = A'^3; \quad b = 3 l S' : A'^3 \dots (9).$$

Wir haben demnach die Gleichung für die krumme Linie hergeleitet, und die Constante b bestimmt, deren wir uns zu diesem Zweck bedienen.

§. 45. Nun zur Untersuchung des Unterschiedes in der Normalkraft, der zur Biegung der Fibern nicht verwendet wird (§. 44. Anfang). Es stelle die Linie mg (Taf. XI. Fig. 4.) diesen Unterschied der (durch Gleichung (1) und (3) bestimmten) Normalkräfte vor, man zerlege sie in die Kraft mh , welche die ganze Cylinderoberfläche längs ihrer Richtung einwärts gegen die Mauer WW zusammenzudrücken strebt, und in die Kraft hg , welche senkrecht

*) Der Einfluss der Annahme, dass für x gleich l , $dy : dx$ Null werde, wird in einer Anmerkung betrachtet. Wäre es nicht Null, sondern etwa e , so käme unter dem Wurzelzeichen die Grösse e^3 hinzu; da aber für x gleich Null gewiss $dy : dx$ seinen grössten Werth hat, so muss e eine unmerkliche Grösse seyn. Bestimmt man vermittelst der obigen Gleichung und der bekannten Formel den Krümmungshalbmesser, so erhellet, dass, wenn für x gleich l , dann q Null werde, auch für diesen Punkt der Krümmungshalbmesser Null seye, und für x gleich Null, unendlich.

auf den Querschnitt der Cylinderfläche AB wirkt, welcher durch eine auf die Achse senkrecht durch den Cylinder gelegte Ebene entsteht. Diese Kraft bringt eine Dehnung der Peripherie $2 \pi r$ vom Radius r zu einem andern Radius r' . Bei einem, gegen die Länge der Stange, so kleinen Durchmesser, als bei unsern Versuchen vorkommt, halten wir gleichwohl die Wirkung dieser Kraft auf den Drehungsbogen als ausser aller Berechnung liegend, in Vergleichung mit den Beobachtungsfehlern in einer und der andern Hinsicht, nach welcher diese Versuche angestellt worden sind. Die erstere Kraft aber, deren Wirken von einem Ende der Stange bis zum andern sich summirt, wollen wir nun dem Calcul unterwerfen.

Der nach der Richtung mh zerlegte Unterschied der Normalkräfte ist:

$$\left(S' \frac{x}{l} \frac{dx}{ds} - \frac{b'}{2\rho} \left(\frac{ds}{dx} - 1 \right) \frac{ds}{dx} \right) \frac{dy}{ds} = Q.$$

Der Wirkungskreis dieser Kraft fängt an im Anfangspunkt der Abscissen für x gleich Null und hört auf an der Mauer WW , wo x gleich l ist. Wir erinnern hiebei weiter, dass man sich das Gewicht S' , welches in c' wirkt, längs der ganzen Fiber vertheilt vorstellen muss; denn jeder Punkt der Fiber hat seine Spannkraft, aber dieses Gewicht ist das einzige für die ganze Länge der Fiber. Diese Vertheilung des wirkenden Gewichts längs der ganzen Fiber kann man sich gewiss als gleichförmig denken; in diesem Fall ist der Antheil davon auf dem Bogen mm' (den wir als die Einheit betrachten) gleich $S':l$. Das Gewicht, welches im Punkt m , und folglich über den ganzen Umkreis, die Cylinderoberfläche längs derselben gegen die Mauer drückt, ist demnach $Q:2 \pi r dr$ für die Fläche 1. Nun giebt das angenommene Gesetz der Zusammendrückung die Proportion a zu c , wie das eben angeführte Gewicht, zu der Grösse, um welche diess Gewicht die in Frage stehende Oberfläche zusammendrücken vermag; diese Grösse ist also (nach der angenommenen Bezeichnung) $Q:b'$. Aber im Bogen mm' haben wir die zusammendrückende Kraft gleichförmig gesetzt, daraus ergiebt sich der Belauf dieser zusammendrückenden Kraft für den Theil dx der Abscisse gleich $Q' \cdot dx : b'$. Setzen wir nun den Belauf der Zusammendrückung vom Anfang der Abscissen an dt , so erhalten wir die Gleichung $Q dx = b' dt$. Stellt man in derselben den Werth von Q her, und die Werthe von $S' \frac{dx}{ds}$ wie er aus der zu-

erst genommenen Gleichung des §. 44. sich ergibt, und den Werth von b aus der Gleichung (9), so verwandelt sie sich in

$$\frac{1}{\rho} \left(\frac{ds}{dx} - 1 \right) \frac{ds}{dx} \left(\frac{3l}{A^2} - 1 \right) \frac{dy}{ds} dx = 2 dt.$$

Setzt man den ersten Factor $1 : E$, und integrirt, nachdem man den Werth des Krümmungshalbmessers hergestellt hat, so erhält man, da statt $dy:dx$ steht q ,

$$- \frac{1}{2} \text{Log.} \sqrt{(1 + q^2)} - (1 + q^2)^{-1/2} = Et + C.$$

Die Constante wird bestimmt für den Fall t Null am Anfang der Abscissen, wo q zu q' wird. Sie ist gleich dem Ausdruck linker Hand, wenn man statt q setzt q' ; man erhält dann die totale Zusammendrückung t' der ganzen Cylinderfläche, deren Radius r ist, wenn man in der Gleichung x gleich l setzt, und q Null, also

$$- \frac{1}{2} \text{Log.} \sqrt{1 + q'^2} + (1 + q'^2)^{-1/2} - 1 = 2 E t'$$

Man entwickelt nun diese Gleichung nach Potenzen von q' und bemerkt, dass gemäss der Gleichung (9) A' gleich q' ist. Diese Grösse ist aber ganz unbedeutend; diess ergibt sich aus der geringen Niedersenkung, welche die Drehung veranlasst. Wäre auch der Winkel, den die Tangente am Anfangspunkt der Abscissen mit ihrer Achse macht, 45 Grad, wie er gewiss noch lange nicht ist, so wäre erst dann q' gleich 1. Mit Sicherheit können wir daher annehmen, dass q' kleiner als 1 ist, und dass folglich das Quadrat dieser Grösse, in Vergleichung mit l , ganz und gar sich vernachlässigen lasse; dadurch wird die vorige Gleichung

$$\frac{3}{8} l^2. q'^2 = 2 l. t' \quad (10).$$

§. 46. Um nun die Wirkung dieser Zusammendrückung des Cylinders auf den Werth des Drehungswinkels zu bestimmen, wollen wir uns vorstellen in Tab. XI. Fig. 5. sey Coa die Fiber, welche der Drehung ausgesetzt wird; mit ihr, als Radius, beschreiben wir den Kreis $Cozx$ und setzen Cot darauf ab, den totalen Belauf der Zusammendrückung. Man sieht, dass die Fiber durch diese Zusammendrückung in die Lage ca gebracht werden kann, ohne weder verkürzt noch verlängert zu werden, insofern nämlich die neue Stellung geradlinigt ist. Wir wollen annehmen, es verhalte sich so, und wir finden also, dass der Drehungsbogen tc einzig und allein von der ganzen Zusammendrückung des Cylinders

AB (Tab. XI. Fig. 1.) gegen die Mauer herrühre. Nun ist Cot gleich t' aus der vorigen Gleichung (10), daraus nähernd

$$tc = \sqrt{\frac{3}{8}} \cdot l \cdot q'.$$

Da nun die Fiber Coa ohne eine Längenveränderung sich in die Stellung ca gedreht hat, so folgt, dass die Curva elastica, für welche wir die Gleichung angegeben haben, nicht aus der horizontalen Stellung heraustritt *), ohne dass die Zusammendrückung des ganzen Cylinders der Zeitordnung nach das erste Phänomen ist, das bei der Drehung vorkommt; diess folgt auch deutlich aus der wagrechten Lage des Cylinders, da das Gewicht lotrecht wirkt. Demnach müssten wir die Construction des Theils im Problem, der die Dehnung angeht, also vorstellen, dass die Compression schon vorübergegangen und die in Frage stehende Fiber in ihre wagrechte Lage gebracht ist. Eigentlich zu reden, können wohl die zu den beiden Erscheinungen gehörende Zusammendrückung und Dehnung nicht von einander gesondert werden. Da aber diese Art, ihren Einfluss auf den Drehungsbogen zu berechnen, ganz einfach zu seyn scheint, ohne in einen merklichen Irrthum zu führen, wollen wir uns derselben bedienen.

Demzufolge nehmen wir an, der Bogen cc' (Taf. XI. Fig. 5.) sey die, in Gleichung (8) gefundene, Grösse y' ; wir erhalten demnach den ganzen Drehungsbogen, Länge tc' gleich $tc + cc'$

$$\sqrt{\frac{3}{8}} \cdot l \cdot q' + B l q' \text{ oder } l q' \left(B + \sqrt{\frac{3}{8}} \right).$$

Ist nun der aus den Beobachtungen erhaltene Drehungsbogen in Grade G , so ist seine Länge $\frac{1}{180} \pi r G$, welche gleich seyn muss der eben gefundenen Grösse; setzt man in der so erhaltenen Gleichung den Werth A' statt q' nach der Gleichung (9), und stellt A' wieder her aus der Gleichung (4), so erhält man eine Differentialgleichung zwischen r und p ,

$$l S \left(B + \sqrt{\frac{3}{8}} \right) dp = \frac{1}{180} \frac{a}{c} \pi^2 G r^3 dr,$$

welche integrirt giebt

$$l S P \left(B + \sqrt{\frac{3}{8}} \right) = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{180} \cdot \frac{a}{c} \pi^2 G R^4 \quad (11),$$

denn die Constante verschwindet, da p und r zugleich Null sind, und p zu P

*) Siehe Anmerk. S. 112.

wird, wenn r zu R wird. Daraus ergibt sich also auch der Werth von $\frac{a}{c}$ aus dem beobachteten Drehungsbogen und den übrigen Elementen.

§. 47. Wir wollen nun einen Blick auf einige von den Approximationen werfen, deren wir uns, um eine Final-Equation in diesem zusammengesetzten Gegenstand herzuleiten, bedient haben.

Die erste Approximation betrifft den Werth von q' in der Gleichung (9), der aus einer Reihe entwickelt worden, wovon man blos das erste Glied beibehalten hat; eine weitere Näherung giebt q' gleich $A' : (1 - \frac{1}{4} A'^2)$, setzt man diesen Werth in die Gleichung des vorigen §. und ordnet sie, nachdem man A' nach Potenzen von r entwickelt, so erhält man

$$lSP(B + \sqrt{\frac{3}{8}}) = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{180} \cdot \frac{a}{c} \pi^2 GR^4 (1 - \frac{1}{6} G' G' R^2 : l^2 + \dots) \quad (12).$$

Wenn man Kürze halber setzt G' statt $\pi G : 180 (B + \sqrt{\frac{3}{8}})$. Daraus sieht man leicht, dass die Gleichung (11) nur das erste Glied dieser Reihe enthält, und dass die Reihe sehr convergent ist; denn G' beträgt ungefähr $\frac{1}{3}$, und $R : l$ etwa $\frac{1}{300}$.

Die zweite Approximation betrifft den in der Gleichung (10) gefundenen Werth von t' gleich $\frac{3}{16} l q'^2$. Bei der Anwendung der Construction in der Taf. XI. Fig. 5., wodurch die Wirkung der Zusammendrückung in den Ausdruck für den Drehungswinkel gebracht wurde, hat man jene Gleichung benutzt; der totale Verlauf der Zusammendrückung ist gleichwohl $\frac{3}{16} x' q'^2$, wenn x' der Werth von x ist, wann der Punkt m (Taf. XI. Fig. 3.) nach a kommt, für das vollständige Integral. Lässt man diese Bemerkung für die Gleichung (8) gelten, so erhält man $y' = B x' q'$. Nun ist aber, gemäss der Bezeichnung, t' gleich $l - x'$, und demnach x' gleich $l : (1 + \frac{3}{16} q'^2)$. Operirt man mit diesem Werth, so erhält man die Gleichung des vorigen §., nur eben mit dem Divisor von l afficirt, d. h.

$$l q' (B + \sqrt{\frac{3}{8}}) = \frac{1}{180} \pi r G,$$

nach einigen Reductionen und nachdem man statt q' den Werth von A' wieder herstellt und integrirt hat, erhält man

$$lSP(B + \sqrt{\frac{3}{8}}) = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{180} \cdot \frac{a}{c} \cdot \pi^2 R^4 (1 + \frac{1}{16} G' G' R^2 : l^2 + \dots) \quad (13).$$

Auch daraus erhellt, dass die Gleichung (11) nur das erste Glied der Reihe enthält. Sie ist aber so convergirend, dass das zweite Glied bei diesen Versuchen über die Spannkraft des Eisens nicht in Frage kommen kann.

§. 48. Diese Darstellung des Drehungs-Phänomens lässt sich leicht auch auf quadratische Körper anwenden.

Es stellt das Quadrat AD (Taf. XI. Fig. 6.) einen Theil vom Querschnitt der Stange vor, C ihre Achse und M irgend einen Punkt in dem Querschnitt einer Fiber. Es sey MP senkrecht auf AB . Man setze für AB , $2k$; für AP , e ; für PM , g ; so wird nun MC gleich r' seyn, und sein Quadrat $(k-e)^2 + (g-k)^2$, und der Querschnitt der Fiber $de dg$. Man erhält sodann, nach einer ähnlichen Betrachtung wie §. 42., die Kraft, womit die Punkte m und m' (Taf. XI. Fig. 3.) einander ziehen

$$\frac{a}{c} de dg \left(\frac{ds}{dx} - 1 \right) \dots (14).$$

Man schreibe den ersten Factor (b'), diese Kraft in eine nach der Tangente mv , und in eine Normale vm' zerlegt, giebt die letztere

$$(b') \left(\frac{ds}{dx} - 1 \right) \frac{ds}{2\rho dx} \dots (15).$$

Das ganze drehende Gewicht sey P , es kommt auf das Quadrat AD , das man sich im Querschnitt der Stange vorstellt p ; es stellt sodann dp den Theil vor, der auf die Linie Pp des Querschnitts kommt (Tab. XI. Fig. 6.), und endlich ddp das Gewicht für irgend eine Fiber, deren Durchschnitt hier durch Punkt M vorgestellt wird. Das Moment desselben ist $Sddp$, und ein ihm gleiches, am Hebelsarm CM (gleich r') wirkendes, ist $Sddp:r'$. Diess Gewicht wird in Tafel XI. Fig. 3. durch $c's$ vorgestellt. Man setze es gleich (S'); es wird zerlegt nach der Tangente und in eine Normale. Für die erstere tritt der Factor $dy':ds'$ hinzu; die letztere denken wir uns vertheilt längs der ganzen Fiber $c'a$; das Moment für die Einheit der Länge wird daher

$$(S') x dx : l ds \dots (16).$$

Man erhält dann, wie in der Untersuchung für den Cylinder (im §. 44.), wenn man eine Hilfsgrösse b'' anführt, eine analoge Gleichung für die krumme Linie

$$b'' \left(\frac{ds}{dx} - 1 \right) ds^2 : 2\rho dx^2 = A' x : l \dots (17),$$

wenn man $A' = (S') : b''$ schrieb.

Sie wird eben so behandelt wie für den Cylinder, und giebt

$$q^3 = 3 A'' (l^2 - x^2) : l; q'^3 = 3 A'' l; y' = B l q', \quad (18)$$

wo B den Zahlenwerth des §. 44. hat. Man erhält ferner auf ganz analoge Weise wie für den Cylinder, durch Vergleichung der Tangentialkräfte am Ursprung der Abscissen

$$q' = 2 (S') : (b') \dots (19).$$

Die Betrachtung des Ueberschusses in den Normalkräften, wovon mh (Taf. XI. Fig. 4.) der zusammendrückende Theil ist, führt endlich auf die Finalgleichung. Man erhält nämlich, wenn man für S' und b' die für diesen Fall analogen Grössen (S') und (b') substituirt, eine ganz analoge Gleichung für Q ; ebenso, wenn man die analogen Werthe aus den Gleichungen 17, 18, 19. substituirt, eine analoge Gleichung für dt und für t' , und näherungsweise wie in (10) $2 l t' = \frac{3}{8} l^2 q' q'$. Man findet auf gleiche Art die Linie tc' (Taf. XI. Fig. 5.), welche den totalen Drehungswinkel ausdrückt,

$$tc' = l q' \left(B + \sqrt{\frac{3}{8}} \right).$$

Die Differentialgleichung wird aber für diesen Fall vom 2ten Grad, weil (S') und (b') ein gedoppeltes Differential enthalten, nämlich

$$2 l \left(B + \sqrt{\frac{3}{8}} \right) S d d p = \frac{1}{180} \frac{a}{c} \pi G \left((k - e)^2 + (f - k)^2 \right) d e d f.$$

Die erste Integration geschieht nach f , und die Constante wird bestimmt, dass es Null wird mit f Null und voll mit f gleich $2k$; das zweite Integral wird Null mit e Null und voll mit e ebenfalls $2k$; daraus ergibt sich endlich die Finalgleichung

$$l \left(B + \sqrt{\frac{3}{8}} \right) S P = \frac{1}{180} \frac{1}{12} \frac{1}{n} \frac{a}{c} \pi G s^4 \dots (20),$$

wenn man nämlich die $2k$ gleichgesetzte Seite der quadratischen Stange s setzt.

§. 49. Nachdem wir nun die Idee, unter welcher wir das Drehungsphänomen betrachtet haben, durchgeführt, wollen wir diess Resultat mit dem anderer Schriftsteller über diesen Gegenstand vergleichen. Wir haben bereits Gelegenheit gehabt zu bemerken, dass unter allen uns bekannten *) Schriftstellern blos Herr DULEAU und Herr TREDGOLD einen Ausdruck für die Drehungskraft zu geben gesucht haben.

*) COULOMB's Ausdruck für die von ihm Force de torsion genannte Kraft, wird bei der Berechnung der Schwingungsversuche zur Sprache kommen.

Herr DULEAU nimmt an *), dass der Drehungswinkel für alle Molecüle in demselben Querschnitt gleich gross ist, dass dieser Winkel von einem Querschnitt zum andern sich ändere und mit dem Abstand des Querschnitts von dem festgemachten Ende des Körpers proportionirt zunehme. — Den Widerstand, den jede Cylinderoberfläche leistet, findet er proportionirt

1) dem Drehungsbogen für den Radius r gleich $\frac{1}{180} \pi G r$;

2) der Partikelmenge im Querschnitt, $2 \pi r dr$;

3) dem Hebelsarm der Fiber r ;

4) den Constanten h , von der Spannkraft des Stoffs abhängig. Daraus folgt, dass das Moment des Widerstandes $\frac{1}{180} 2 \pi G h r^3 dr$ ist, und sein Integral

$$ISP = \frac{1}{180} \frac{1}{2} \pi G \pi h R^4;$$

daraus ergibt sich nun, wenn wir die Gleichung (11) hieher ziehen, für Herrn TREDGOLDS und unsere Constanten die Relation

$$2 \left(B + \sqrt{\frac{3}{8}} \right) h = a : c \dots (21).$$

Er schreibt seine Gleichung, indem er D dem doppelten R gleich setzt, $ISP = G H D^4$. Er findet sodann im Mittel aus 12 Versuchen $H = 11,33$; diess ist dann die Gleichung für den Drehungswinkel G **) runder Eisenstangen. Herr DULEAU scheint also anzunehmen, dass das Maass der Spannkraft für alle Eisensorten constant seyn müsse, obgleich bei seinen eigenen Versuchen die Grösse H zwischen 9,19 und 14,48 variirt, so gering auch die Anzahl dieser Versuche war. Unsere Versuche geben keinen so grossen Unterschied. — Für quadratische Stangen giebt Herr DULEAU die Formel $ISP = H G c^4$, wo c die Seite des Quadrats und H im Mittel aus 4 Versuchen 16,03. Ob er gleich auch rechtwinklige Dimensionen untersuchte, so kommt doch kein Ausdruck für den Drehungsbogen dabei vor; auch für die quadratische kein Beweis ***).

*) A. a. O. §. III. p. 19.

**) A. a. O. p. 59. Tit. V. Die Einheit ist der Millimeter und das Kilogram.

***) Herr DULEAU sagt hiebei p. 21. "Lorsque les pièces soumises à la torsion ne sont pas rondes, il devient difficile d'appliquer le calcul à leur résistance. Les fibres extérieures au cylindre inscrit participent et à la résistance de celles de ce cylindre, et à celle d'un corps élastique encastré par un bout et chargé à l'autre. — Dans les prismes carrés, le nombre de ces fibres extérieures au cylindre inscrit étant peu considérable, n'influe que peu sur la force; il est probable que la résistance qu'un prisme quarré oppose à la torsion, est proportionnelle à la quatrième puissance du côté de la section. L'expérience paraît le confirmer."

§. 50. Herr TREDGOLD hat aus dem Spannkrafts-Modulus die Kraft herzuleiten gesucht, die erforderlich ist, um einen Körper auf den Grad zu drehen, dass die Grenze der Spannkraft erreicht ist *).

Wenn das Rechteck ABD (Taf. XI. Fig. 7.) in den Ecken A und B unterstützt ist, und Gewichte in den C und D angehängt werden, so stellt sich Herr TREDGOLD vor, eine ähnliche Wirkung komme bei deren Umdrehung in der Achse hervor; und dass die Kräfte in C und D beinah denselben Widerstand erleiden, wie wenn die Diagonale des Rechtecks unterstützt wäre; man könne demnach die Kräfte C und D als an den Hebelsarmen Cc und Dd , um die Breite AB entzwei zu brechen, wirkend betrachten. Setzt man nun die Höhe des zu zerbrechenden Körpers h , die Entfernung der brechenden Kraft von der Stütze l , die Breite des Körpers b , und (wie in §. 34.) A das grösste der Länge nach wirkende Gewicht, das der Körper bei der Flächeneinheit tragen kann, ohne seine Gestalt zu verlieren, so findet Herr TREDGOLD $lP = \frac{1}{6} A \cdot b \cdot d^2$ **).

Um diese Gleichung auf die Drehung anzuwenden, ist Taf. XI. Fig. 7. AB das b ; und l wird, wenn man die Seiten des Rechtecks AD und DB m und n setzt, $\sqrt{mn} : b$, drückt man die Diagonale AB auch durch sie aus, so erhält man $m \cdot n P = \frac{1}{6} A d^2 (m^2 + n^2)$. — Stellt man sich nun vor, das Rechteck AB (Taf. XI. Fig. 7.) sey eine Achse, AD ihre Länge und DB ihre Dicke, an ihr sitze ein Rad, dessen Radius S , und an ihrer Peripherie wirke das Gewicht P ; so wird seine Wirkung auf die Achse reducirt $2PS : s$; daraus ergibt sich, gemäss dem vorigen **), wenn man über diess die Seite s gegen die Länge l vernachlässigt, und den Werth von A gleich $C \cdot a : c$ substituirt, endlich

$$l P S = \frac{1}{12} C s^2 l^2 a : c.$$

Vergleicht man diesen, aus TREDGOLDS Theorie hergeleiteten, Werth mit der Gleichung (29), so würde man erhalten

$$\left(B + \sqrt{\frac{3}{8}} \right) l^2 C = \pi G s^2.$$

*) A. a. O. p. 215. u. f.

**) Diese Gleichung ist ganz identisch mit der im §. 36. aus unserer allgemeinen Formel entwickelten BARLOWSCHEN, wenn man in dieser den Werth von A aus der Gleichung (12) des §. 41. für vierkantige Stangen einsetzt.

***) Herr TREDGOLD giebt s in Zollen an, aber S und l in Fussen, und setzt A wie für Gusseisen 15300, daher entsteht seine Formel (a. a. O. p. 216.), worin noch R statt S steht. Wir übergehen, der Weitläufigkeit wegen, seine Formel für die Drehung der runden Stangen.

Berechnet man den Werth von C aus dieser Gleichung für die erste quadratische Stange Nro. 26, so wird er 0,00000641; da im Gegentheile die Berechnung der Biegungsversuche welche nahe mit dem Resultat der Dehnungsversuche übereinstimmen, für C 0,000685 giebt.

§. 51. Wir gehen nun zur Bestimmung der Grenze für die Spannkraft über; diese kann beim Drehen zerstört werden, entweder durch Streckung der Länge nach, oder durch Zusammendrückung, oder durch Streckung in die Quere, vermittelt der Kraft hg (Taf. XI. Fig. 4.). Die Streckung nach der Länge ist überhaupt der Ueberschuss von $ds:dx$ über die Einheit; diess ist am grössten im Anfangspunkt der Abscissen; setzt man für diesen Punkt den Werth von q' , indem man die höhern Potenzen vernachlässigt, so erhält man das Maximum der Längendehnung gleich $\frac{1}{2}$ mal das Quadrat von $\frac{1}{180} \pi G R : l \left(B + \sqrt{\frac{3}{8}} \right)$. Die zusammendrückende Kraft war Q in §. 45.; nach der dort erhaltenen Reduction wird dieser Ausdruck ein Grösstes, wenn sein Factor $(ds:dx - 1) dy : \rho dx$ ein Grösstes wird. Nun ist $(ds:dx - 1) : \rho$ im Allgemeinen nach der angenommenen Bezeichnung $\alpha x dx^2 : ds^2$, also muss $x dx^2 dy : ds^2 dx$ ein Grösstes werden; daher xq nähernd, also $x \sqrt[3]{l^2 - x^2}$; daraus findet sich nach der Regel de maximis $x = l \sqrt[3]{\frac{3}{5}}$, und daraus die Werthe von q, q', α . Setzt man diese Werthe in die Gleichung für Q , und behält nur die ersten Glieder der Entwicklung nach q' bei, so erhält man das Maximum für die zusammendrückende Kraft $\frac{1}{2} b' q' q' [M]$, wobei M die 6te Wurzel von $\frac{3}{5}^3 \cdot \frac{2}{5}^4$ ist. Für die Einheit der Fläche wird b' gleich $\alpha : c$. Für q' setzt man sodann seinen Werth aus §. 46. und erhält dann den vorigen Werth, aus der Streckung nach der Länge, für das Maximum der Streckung, nur noch mit dem Factor $[M]$; da dieser kleiner als 1 ist, so ist das Maximum hier wie bei der Dehnung; daher wird die Spannkraft noch weniger durch die Zusammendrückung in diesem Fall gestört.

Im §. 45. stellte (Taf. XI. Fig. 4.) mg den Unterschied zwischen den normalen Kräften vor, welche das drehende Gewicht und die Spannkraft der Fiber in irgend einem Punkt derselben erzeugen. Der Theil hg davon, welcher nach der Tangente irgend einer Peripherie vom gleichgelegenen Fibernpunkte wirkt, ist $Q dx : ds$; diess wird ein Grösstes, wenn $(ds:dx - 1) : \rho$ ein Grösstes wird; also wenn x gleich l ist. Nach dem in §. 44. gegebenen

Werth, wird aber in diesem Punkt, wo auch dx gleich ds ist, die genannte Kraft

$$\frac{1}{2} \left(\frac{3l}{AA} - 1 \right) \frac{b'}{b} S';$$

dafür kann man Näherungsweise setzen S' . Diese Kraft wirkt auf die Fläche dr ; daraus ergibt sich die auf die Einheit der Länge in einer Peripherie, deren Radius r ist, wirkende $S' : \frac{a}{c} dr$. Nun ist uns zwar unbekannt, wie die Kraft sich innerhalb der Cirkelfläche vertheilt, sie muss aber doch so geschehen, dass die Fläche ihre Gestalt beibehält. Dazu ist erforderlich, dass die Dehnung in jeder Peripherie die Summe aller Dehnungen aller von ihr eingeschlossenen Peripherien in sich fassen muss; die Kraft S' wirkt also auf die Cirkelfläche πr^2 . Auf die Einheit der Fläche reducirt, wird sie demnach $S' : \pi r^2$. Nun verhält sich aber die Dehnung, welche wirklich für die Längeneinheit in einer Peripherie, deren Radius r ist, statt findet, zu der eben angegebenen Kraft, wie $c:a$; demnach wird die Grösse C durch das Integral $\int \frac{c}{a} \frac{S'}{\pi r^2}$, genommen von r gleich Null, bis r gleich R , ausgedrückt. Setzt man den Werth der Grösse unter dem Integralzeichen für runde Stangen aus §. 46., so erhält man nach der Integration

$$\left. \begin{aligned} C \cdot l \left(B + \sqrt{\frac{3}{8}} \right) &= \frac{1}{180} \pi G R \\ A \cdot l \left(B + \sqrt{\frac{3}{8}} \right) &= \frac{1}{180} \frac{a}{c} \pi G R \end{aligned} \right\} \dots (22) *).$$

Wenden wir diesen Ausdruck für die Bestimmung von C und A auf dieselbe Stange an, nämlich auf Nro. 1., deren Spannkraftsgrenze §. 41. durch Biegung bestimmt worden, so giebt der zweite Theil folgende Elemente: G ist $15^0 \frac{3}{4}$; $R = 2,236$; $l = 680$; rechnet man mit diesen Grössen und nimmt für $\frac{a}{c}$, der Vergleichung halber, denselben Werth wie bei dem Biegungscalcul, nämlich 974,9 pag. 109., so erhält man: $C = 0,000622$; $A = 0,606$ und 9,52 Schiffß **) für das Gewicht, welches die Stange tragen kann, ohne ihre Spannkraft zu verlieren, gemäss der aus der Drehung gefundenen Grenze.

*) Um Weitläufigkeit zu vermeiden, und da diese Art, die Spannkraftsgrenze zu bestimmen, wenig ihre Anwendung finden dürfte, übergehen wir hier alle weitere Entwicklung.

**) Wenn man den Werth von $\frac{a}{c}$ nimmt, welchen die Drehung giebt, nämlich 1110, so erhält man 10,84; der Biegungsversuch giebt 10,06.

Theorie der Schwingung.

§. 52. Man stelle sich vor, die senkrecht eingesetzte Stange hänge mitten über C (Taf. XI. Fig. 8.), so, dass dieser Punkt die Projection der Achse der Stange auf die horizontale Ebene sey, in welcher die schwere Scheibe (Taf. VIII. 1. 2. 3. 4.) schwingt. Der Radius CA sey $= 1$, der Bogen $AZ = H$, losgelassen unter dem Drehungswinkel ACZ in Z , hat das ganze System die Winkelgeschwindigkeit ω , und in der Zeit t den Winkel Zcp durchlaufen. AP sey $= x$. Die Geschwindigkeit der Masse dm in dem Abstand r von c ist $r\omega$; die in der Zeit dt erzeugte Grösse der Bewegung ist $r\omega dm$; das Moment derselben $r^2 d\omega \cdot dm$; ihre Summe demnach $d\omega \int r^2 dm$. Behält man die im Drehungscalcul angenommene Benennung bei, so ist $P.S$ das Gewicht, das in der Entfernung 1 das Gleichgewicht hält mit der Drehungskraft bei einem Bogen von G Graden, oder von $\frac{1}{180} \pi G$ Länge. Sind nun die Bögen den drehenden Kräften proportionirt, so ist die in P wirkende Kraft $= \frac{180}{\pi} \frac{S.P}{G} x$; für die in der Zeit dt erlangte Grösse der Bewegung muss sie mit $2g dt$ multiplicirt werden (wo $2g$ die bekannte in 1 Sekunde erhaltene Geschwindigkeit ist, g nämlich 1653,4 schwed. Decimallinien); daraus ergibt sich die Gleichung

$$\frac{180}{\pi} \frac{S.P}{G} 2g x dt = d\omega \int r^2 dm.$$

Nun ist $\omega dt = d(PZ) = -dx$; daraus ergibt sich zuerst

$$180 \cdot S.P. 2g \sqrt{H^2 - x^2} dt = \pi G dx \int r^2 dm.$$

$$\text{Kürze halber } K' \sqrt{H^2 - x^2} dt = K'' dx.$$

Integrirt man, so entsteht nach gehöriger Bestimmung der Constante

$$Kt = \frac{1}{2} \pi - \text{Bogen Sin. } x : H, \text{ wo } K^2 = K' : K''.$$

Für die Schwingungszeit T erhält man $KT = \pi$; substituirt man den aus der Drehungstheorie in §. 46. gefundenen Werth von $S.P$ für runde Stangen, so erhält man

$$\frac{a}{c} g R^4 T^2 = 2 \pi l \left(B + \sqrt{\frac{3}{8}} \right) \int r^2 dm \dots (23).$$

woraus sich also der Werth von $\frac{a}{c}$ ergibt *).

*) COULOMB nimmt bei der Entwicklung seiner Theorie für Drehung und Spannkraft der Metallsaiten an, dass die Drehungskraft gleich ist dem Produkt einer Constante H in den Drehungswinkel, und findet sofort $H^2 T^2 \pi^2 = \int r^2 dm$ Setzt man den Werth des Integrals aus der Gleichung (23) für runde

Für quadratische Stangen findet man auf ähnliche Weise aus dem §. 48. der Drehungstheorie

$$\frac{a}{c} g s^4 T^2 = 6 \pi l \left(B = \sqrt{\frac{3}{8}} \right) \int r^2 dm \dots (23).$$

§. 53. Wir haben bereits oben §. 24. den Werth des Trägheitsmoments $\int r^2 dm$ für die Gusseisen- und Bleischeiben bestimmt; um dasselbe für die Gusseisenbüchse (Taf. XI. Fig. 1. 2.) zu bestimmen, bedienten wir uns mehrerer Auswege.

Die Gusseisenbüchse wurde über ihre cylindrische Oberfläche mit einem Saalband umgürtet und in dieselbe Eisenklammer gesetzt, in welcher bei den Schwingungsversuchen alle Stangen gesetzt wurden. Sie wurde so an die Oberfläche angepasst, bis sie horizontal war. Da nun die Befestigung des Gürtels horizontal lag, so schwang jede mit der Achse der Dose parallele Linie so, als wäre sie durch einen Punkt in irgend einem Durchschnitt der Dose vorgestellt, senkrecht auf ihre Achse.

Die Fig. 9. Taf. XI. stellt in K einen Theil des gegossenen Eisenklobens K §. 24. vor, welcher auf die in Taf. V. Fig. 2. und Taf. VI. Fig. 1. 2. angegebene Weise den Wagbalken B umfasste. Mittelt der Schraube $Q Q$ wurde das Saalband in o befestigt, die Figur zeigt die Saalgurte nach der Kante; ihre Breite war ungefähr $2\frac{3}{4}$ Werkzoll, sie war mit dem einen Ende in einer Schleife befestigt, lief um die umliegende Dose herum und ging wieder zur Schleife bei r . An dem niedersten Theil der Dose war ein leichter Weiser eingesetzt, welcher während der Schwingung sich über eine in Decimallinien getheilte Skala e bewegte. Die Dose war so gegossen, dass ihr Schwerpunkt in ihrer Achse liegen musste. Man war der Meinung, dass dieses auch statt habe in Ansehung der wagrechten Lage, welche die Dose während der Schwingungsversuche, zur Bestimmung der Spannkraft, bei ihrer Befestigung annahm. Sie hatte nicht vollkommen gleiche Durchmesser an ihren beiden Enden; an dem einen war er 125,8 Dec. Lin., an dem andern 127,6. Der Abstand $O e$ zwischen dem Aufhängepunkt o und der festen Ebene, auf welcher die Skala e aufgezogen war, betrug 735 Dec. Lin. Nachdem alles für den Versuch in Ordnung war, wurde die Dose in sachte Bewegung gesetzt, und 15 Stunden lang hängen gelassen, um an dem Saalband zu dehnen; sodann wurde

Stangen, deren er sich bediente, so erhält man eine Gleichung zwischen seiner Constante K , und unserm Spannkraftsmaas $a:c$. Er giebt aber die Durchmesser seiner Metalldräthe nicht an, sondern nur ihr Gewicht bei einer gewissen Länge, daher, da auch ihr eigenthümliches Gewicht nicht angegeben ist, eine Unsicherheit in der Berechnung ihrer Durchmesser statt findet; die Gleichung für die Constante K also hier nicht benutzt werden kann.

der Abstand Oa von Befestigungspunkt o bis an die obere Seite der Dose gemessen, und 606,7 befunden. Da die Dose in einer auf ihre Achse senkrechten und vertikalen Ebene schwang, so kann man sich alle schwere in einer mit der Achse der Dose parallel liegenden Linie befindliche Punkte, auf ein durch ihren Schwerpunkt gehende vertikale Ebene projicirt denken. Der Punkt P (Taf. XI. Fig. 10.), stelle einen auf diese Weise entstandenen Punkt vor; sein Abstand vom Schwerpunkt G sey r , vom Schwingungspunkt ϱ , sein Gewicht sey dm ; OG sey ϱ' , der Winkel GOL mit der lotrechten Linie OL sey zu Anfang der Bewegung A , nach der Zeit t aber a , und die Winkelgeschwindigkeit in diesem Punkte sey v ; die Linien PM und PD seyen senkrecht auf OL und OG , und PM setze man Y ; und Pq stelle die lotrecht wirkende Schwerkraft g (1653,4) vor, man zerlege sie in Pr rq , so ergibt sich für den Punkt S die Geschwindigkeit, welche ihm die Schwerkraft in der Zeit dt ertheilt, $2gdt y:\varrho$, wenn dieser Punkt für sich allein um O schwänge; sein Moment also, auf den Schwingungspunkt reducirt, $2gdt.ydm$. Nach der angenommenen Bezeichnung ist aber dasselbe Moment gleich $\varrho dv.\varrho dm$; demnach erhält man die Gleichung $2gdt y dm = dv \varrho^2 dm$; oder, da $y dm$ gleich ist $M \varrho' \sin. a$, wenn M das Gewicht der Dose ist, es wird die Gleichung

$$2gdt M \varrho' \sin. a = -d^2 a \varrho^2 dm : dt^2.$$

Das erste Integral wird $da^2:dt^2 = Q \cos. a - Q \cos. A$. Wenn man statt $4gM\varrho':\varrho^2 dm$, schreibt Q . Man kann aber, wegen der Kleinheit des Winkels a , statt $\cos. a$ setzen $1 - \frac{1}{2}a^2$, und $1 - \frac{1}{2}A^2$; daraus ergibt sich der Werth von t durch a nach gehöriger Integration $t \sqrt{Q} = \sqrt{2} \text{Arc.} (\cos. a: A)$, und für die ganze Schwingungszeit T ; $T\sqrt{Q} = \pi \sqrt{2}$; daraus ergibt sich nach Wiederherstellung des Werths von Q die Grösse $\int \varrho^2 dm$, und endlich aus dem Dreieck GOP , mit der Bemerkung, dass $\int GD.dm$ Null ist, der Werth für das verlangte Moment der Trägheit

$$\int r^2 dm = M \varrho' (2gT^2:\pi^2 - \varrho'). \quad (24)$$

Zu den Beobachtungen benutzte man einen Chronometer; doppelte Schwingungen wurden gerechnet, und die Beobachtungen fingen an, nachdem die Büchse ein von allen Seitenbewegungen freie Bewegung angenommen hatte, und der ganze Bogen, auf der Skala e (Taf. XI. Fig. 9.) gemessen, nur $2\frac{1}{2}$ Linien betrug.

Die folgende Tafel enthält die Zeiten der Beobachtungen und die totale Menge der Doppelschwingungen.

T a f e l
über die Schwingungen der Gusseisendose.

Zeit.			Totalzahl der Doppel- Schwingungen.	Mittelzahl in 10 Minuten.	Zeit.			Totalzahl der Doppel- Schwingungen.	Mittelzahl in 10 Minuten.
U.	M.	S.			U.	M.	S.		
IX	24	30	0	21,15	X	42	0	0	21,15
	26	30	42 +			43		$21 \frac{1}{3}$	
	27	0	53 —			44		$42 \frac{1}{2}$ —	
	27	30	$63 \frac{1}{2}$			45		$63 \frac{2}{3}$	
	28	0	74			46		$84 \frac{3}{4}$	
	28	30	85 —			47		$105 \frac{7}{8}$	
	29	0	95 +			48		127!	
	29	30	106 +			52		$211 \frac{1}{2}$	
	30	30	127 +			54		$253 \frac{3}{4}$ +	
	31	30	148			55		275!	
	32	30	169 +		XI	0	0	$380 \frac{1}{2}$	
	33	30	$190 \frac{1}{4}$			2		423 +	
	34	30	$211 \frac{1}{2}$			4		$465 \frac{1}{3}$	
	35	30	$232 \frac{3}{4}$	21,15 —		6		$507 \frac{1}{2}$	21,15 —
	36	30	$253 \frac{3}{4}$ +			9		571!	
	37	30	275 —			12		$634 \frac{1}{2}$	
	38	30	296 +			14		$676 \frac{3}{4}$ +	
	39	30	$317 \frac{1}{4}$			16		$719 \frac{1}{4}$	
	40	30	$338 \frac{1}{2}$ —			18		$761 \frac{1}{2}$	
	41	30	$359 \frac{1}{2}$			20		$803 \frac{3}{4}$	
	42	30	$380 \frac{3}{4}$ —			22		846!	
	44	30	423 —						
	46	30	465!						
	47	30	486						
	48	30	$507 \frac{1}{2}$						
	49	30	$528 \frac{3}{4}$	21,15 +					
	50	30	$549 \frac{3}{4}$						
	51	30	571 —						
	52	30	592!						

Die Länge des Schwingungsbogens war am Anfang der Versuche 2,5 Linien (also etwa 15 Minuten); am Ende der ersten Reihe 2,0. Ohne die mindeste Veränderung in der Schwingung wurden die Beobachtungen fortgesetzt, bis der Schwingungsbogen 1 Linie wurde, und am Ende der zweiten Reihe von Beobachtungen war er etwas kleiner als 0,5 Linien.

Man ersieht aus der Tafel, dass die Büchse im Mittel 21,15 Doppel-Schwingungen in 10 Minuten machte. Doch um das möglich sicherste Maass für die Zeit zu erhalten, bemerken wir, dass bei dem Zeitmoment $XI^u 22^m 0''$ die Zahl der Doppel-Schwingungen eine gerade Zahl war, nämlich 846, eben so um $X^u 48' 0''$ gleich 127. Also hatte die Dose in 34^m gemacht 719 Doppel-Schwingungen, d. h. in 2040 Sekunden 1438 einfache Schwingungen; daraus ergiebt sich die einfache Schwingungszeit T ; demnach aus der Gleichung (24) mit dem Werth von g aus §. 52., von M aus §. 24. und ρ' aus Oa und dem Radius der Dose zu Anfang §. 53, $\int r^2 dm = 948$ Schiff $\ddot{u}$. Die Genauigkeit dieser Bestimmung beruht wesentlich auf der Schärfe, womit ρ' gemessen werden kann, und man findet leicht, dass diese Messung bis auf eine Linie ungewiss seyn kann; daher würde, wenn ρ' wirklich 671,05 Linien wäre, $\int r^2 dm$ gleich 720 Schiff $\ddot{u}$ seyn. Aus dieser Ursache haben wir uns nicht damit begnügt, blos auf diesem Wege das Trägheitsmoment der Dose zu untersuchen.

§. 54. Die andere Art, deren wir uns bedienten, um das Trägheitsmoment der Dose zu bestimmen, war, dass wir eine und dieselbe Stange zuerst mit einer von den Scheiben, und nachher mit der Dose belastet, schwingen liessen, z. B. die Stange Nro. 16. Aus diesen beiden Versuchen muss sich derselbe Werth von $\frac{a}{c}$ nach der Gleichung (23) ergeben. Wenn also die dort angenommenen Grössen für die Schwingung mit der Eisenscheibe gelten, dagegen die Schwingungslänge für die Dose l' ist, und die ganze Schwingungszeit für sie Z , und das unbekannte Trägheitsmoment x , so giebt der identische Werth von $\frac{a}{c}$ die Gleichung $Z^2 l \cdot \int r^2 dm = T^2 l' \cdot x$. Der hierher gehörige Schwingungsversuch ist im 2ten Theil beschrieben und giebt für das Trägheitsmoment $889 \frac{1}{2}$.

Eine dritte Art gewähren die Schwingungsversuche für eine und dieselbe Stange, sowohl mit der Eisenscheibe, als auch mit der Eisenscheibe und Dose zusammen, Die Stange Nro 16. giebt auf diese Weise das Trägheitsmoment 860 Schiff $\ddot{u}$.

Die folgende Tafel giebt die Resultate der in dieser Hinsicht angestellten Versuche.

T a f e l
über die Schwingungen der Gusseisendose zur Bestimmung ihres Trägheitsmomentes.

Nummer der Stange.	Art der Schwingung.	Trägheitsmoment der D o s e.
—	Dose, allein, gewöhnliche Pendelschwingung	948 Schiffß.
16	» verglichen mit Eisenscheibe	889 $\frac{1}{2}$
16	» und Scheibe, verglichen mit Eisenscheibe	860
17 b)	» verglichen mit Eisenscheibe	849
17 b)	» und Scheibe, verglichen mit Eisenscheibe	852
20	» verglichen mit Eisenscheibe	819
20	» und Scheibe, verglichen mit Eisenscheibe	809
21	» mit Blei- und Eisenscheibe, verglichen mit beiden Scheiben	856,4
51 b)	» verglichen mit beiden Scheiben	797

Um die Genauigkeit dieser Vergleichungsweise zu untersuchen, liess man die Stange Nro. 21. zuerst mit der Bleischeibe allein schwingen, und dann mit beiden, der Blei- und Eisenscheibe zusammen. Aus den Werthen, welche die Beobachtungen gaben, folgt, dass die Summe der Trägheitsmomente beider Scheiben 1643,22 beträgt. Nun war, gemäss der Berechnung in §. 23., das Moment der Gusseisenscheibe $552 \frac{1}{2}$, und der Bleischeibe $1090 \frac{3}{4}$; aus dieser vollkommenen Uebereinstimmung findet man die Ueberzeugung, dass die Befestigungsart der Scheiben keinen Irrthum herbeiführen kann.

Bei der Erwägung dieser ungleichen Werthe des Trägheitsmoments halten wir dafür, dass die Versuche mit den Stangen 20. und 51 b) wegen der Unge-
reimtheit ihres Resultats verworfen werden müssen, das wahrscheinlich von irgend einer Ungenauigkeit in ihrer obern Befestigung herrührt. Gleichermassen verwer-

fen wir, in Betracht der Unsicherheit in Bestimmung der Lage des Schwerpunkts, das Resultat aus der Schwingung der Dose nach gemeiner Pendelweise. Das Mittel der noch übrigen Resultate ist 860,5. Wir setzen daher das Trägheitsmoment der Gusseisendose 860 Schiff^l Vict.-Gew.

§. 55. Wir gehen nun zur Untersuchung der Gültigkeit des Elasticitätsgesetzes, insoweit sie sich aus der Schwingung führen lässt, über. Indem wir uns hier auf das schon in §. 34. Bemerkte berufen, nämlich dass die Phänomene, wo Zusammendrückung und Dehnung zusammenwirken, für diese Probe nicht dienlich sind; so darf es nicht als unerwartet auffallen, dass grosse Schwingungsbögen hierzu nothwendig sind. Obgleich für die gestreckten Stangen 17 b) und 51 b) die Elasticitätsgrenze bedeutend erweitert worden war, so gewährte sie doch nicht hinlänglich grosse Schwingungsbögen, um in dieser Hinsicht einige Aufklärung zu geben. Wir benutzten daher den S. 55. beschriebenen Eisendrath*). — Diese Versuche wurden meistens von den Herren CRONSTRAND, CARELL und RUDBERG angestellt; der letztere schlug eben die veränderte Beobachtungsart vor, nämlich dass allzeit eine gewisse Anzahl Schwingungen beobachtet wurde, wobei die Zeiten aufgezeichnet wurden. — Der Eisendrath wurde auf die schon beschriebene Weise in der Gusseisendose befestigt, die mit Blei gefüllt und nachher mit der Bleischeibe belastet war. Das Trägheitsmoment lässt sich leicht aus dem Versuch mit der Eisenstange Nro. 51 b) berechnen. Für die gegenwärtige Untersuchung ist diess von keinem Interesse, da wir bloß die Untersuchung des Elasticitätsgesetzes beabsichtigten. Gleichwohl könnte die Kenntniss derselben wichtig werden, im Fall die Abnahme der Amplituden, welche wir eben beobachteten, sollte in Calcul kommen.

*) Der Gradbogen Taf. VIII. Fig. 3. wurde umgearbeitet, dass er mehr als 100 Grad umfasste.

Tafel über die Schwingungszeiten bei verschiedenen Amplituden.

Zeit zu 20 Schwin- gungen.	Amplitude des Bogens.	Zeit zu 20 Schwin- gungen.	Amplitude des Bogens.	Zeit zu 20 Schwingungen.	Amplitude des Bogens.	
1ste Reihe.		3te Reihe.		5te Reihe.	6te Reihe.	
.....	⁰ 97,0	.....	⁰ 100,0	.....	..... ⁰ 70,0	
90,4	37,5	90,0	38,3	46,6	45,6	44,0
87,6	18,5	88,4	18,5	45,2	44,4	29,5
88,4	9,4	88,0	9,1	44,0	44,8	20,6
86,8	5,0	86,4	4,7	44,4	44,0	14,1
85,2	3,2	86,4	3,7	44,0	44,0	9,8
85,2	2,2	84,0	1,9	44,0	44,0	7,0
84,8	1,8	86,0	1,1	43,6	43,2	4,8
84,8	1,2	84,0	0,9	42,8	43,2	3,6
84,0	1,1	83,6	0,7	43,2	43,2	2,8
84,4	0,9	84,8	—	42,8	42,4	2,2
84,0	0,8	83,2	—	42,4	42,4	1,8
		84,4	—	42,8	43,2	—
		83,6	—	42,4	42,0	—
		83,6	—	42,0	42,0	—
		83,6	—	42,8	42,8	—
2te Reihe.		4te Reihe.		42,0	42,0	
.....	94,0	.....	100,0	42,4	42,0	
89,0	37,0	90,0	37,3	41,6	42,0	
88,8	18,5	88,4	18,1	42,8	42,0	
87,2	9,5	88,4	8,9	42,0	42,8	
86,8	5,0	86,0	4,7	41,6	41,2	
85,6	3,3	86,0	2,7	42,4	42,0	
85,2	2,3	85,6	1,9	42,0	42,0	
84,4	1,5	84,4	1,3	42,0	42,4	
84,4	0,7	84,8	0,9	41,2	42,4	
84,0	0,5	84,0	0,7	42,4	42,0	
84,4	—	84,4	—	42,0	41,6	
83,6	—	85,6*)	—	41,6	41,6	
83,6	—	82,0	—	42,4	42,4	
83,6	—	84,8	—	41,6	42,0	
		83,6	—	42,4	41,2	
				41,6	42,8	
					41,6	
					42,0	
					41,2	
					42,8	
					41,6	
					42,0	

*) 83,6?

*) 83,6?

Man sieht hieraus ganz unzweifelhaft, dass die Schwingungszeiten für grössere Bögen grösser sind.

Direkte Dehnung.

§. 56. Diese Art, das Maass und die Grenze der Elasticität zu bestimmen, ist unstreitig eben so schwer in ihrer Ausführung, als einfach in der Berechnung. Das erste haben wir in §. 28. vollständig darzulegen gesucht. In Beziehung auf die letztere wollen wir die Stange Nro. 1. zum Beispiel nehmen.

Der Versuch (siehe II. Theil) gab die Länge der Stange zwischen den Endstrichen, bei

I	Schiff	Spannung	$s + 0,228$	Umläufe	
IV	„	„	$s + 1,215$	„	Unterschied 0,987
VII	„	„	$s + 2,173$	„	„ 0,958
X	„	„	$s + 3,25$	„	„ 1,080

Die Versuche zeigen im Allgemeinen, dass innerhalb dieser Grenze die Dehnung der Kraft proportionirt ist. Die Ungleichheit der Unterschiede beruht also auf Beobachtungsfehlern. Wir haben daher nach der Methode der kleinsten Quadrate*), diesen Werth berichtigt. Man findet nach ihr, dass die Summe der Unterschiede, welche nach unsern rohen Beobachtungen 3,025 Umläufe beträgt, gleich 3,005 angenommen werden muss. — Nun war bei 10 Schiff Spannung und 23° Wärme die Länge der Stange zwischen den Endstrichen $s + 2,253$ Uml., oder nach der eben hergeleiteten Rectification $s + 2,233$ Uml.; die Länge der Stange s war bei derselben Temperatur, gemäss der in §. 17. Seite 37. gegebenen Gleichung, 599,797 Dec. Linien. Es ergiebt sich aber aus dem, innerhalb der gegenwärtigen Grenze gültigen, Elasticitätsgesetz, dass die spannenden Gewichte den Dehnungen oder Längendifferenzen proportionirt sind; daraus folgt: 9 Schiff : 10 Schiff = 3,005 : 3,337; da 3,005 die rectificirte Dehnung für 9 Schiff, gemäss den Versuchen, ist; die Stange hat also um 3,337 Uml. vom ungespannten Zustand bis zum Zustand bei 10 Schiff Spannung sich ausgedehnt; ihr ungedehnter Zustand war also (mit dem eben an-

*) Siehe über diese Methode, welche ohne Zweifel der grösste Schritt der neuern Zeit ist, zur Erkenntniss der Wahrheit aus einer Reihe von Beobachtungen, den ersten Bericht von GAUSS in seiner *Theoria motus*.
Der Uebers.

gegebenen Werth von s und der Tabelle §. 27. S. 69 f. über den Werth der Schraubenumläufe) 599,786. Hieraus lässt sich nun, nachdem man aus den Beobachtungselementen im II. Theil den Querschnitt berechnet hat, gemäss den Festsetzungen in § 34. S. 6., die Grösse c bestimmen. Man findet $\frac{a}{c} = 1049$.

Einige von den geschmiedeten Stangen waren so ungleich, dass ihr Querschnitt durch Messungen von Elle zu Elle bestimmt werden musste. Eine solche Stange stellen wir uns in m ungleiche Theile getheilt vor, der Querschnitt des ersten sey $1 : \omega$, des zweiten $1 : \omega'$ u. s. w. Es sey nun P die Spannung, wobei die Dehnung e eintritt, und l die ungespannte Länge der Stange, so wird man die Gleichung erhalten

$$\frac{a}{c} = P \cdot \frac{l}{e} \frac{1}{m} (\omega + \omega' + \omega'' + \dots) \quad (m)$$

Mit Hülfe dieser Gleichung wurde für diese Stangen das Maass der Elasticität bestimmt.

Die Grenze der Spannkraft, so wie sie durch die direkten Dehnungsversuche untersucht und gefunden worden, finden sich für jede Stange besonders im IIten Theile angegeben. — Was die Stange Nro. 1. einzeln angeht, so ergab sich aus dem Versuch (s. II. Theil), dass diese Stange bei X Schiff $\bar{\text{b}}$ Spannung um 0,017 Uml. sich gestreckt zu haben scheint. Beachtet man diese Beobachtungen im Allgemeinen, so wird man finden, dass sie nicht vollkommen für diese Grösse zuverlässig seyn können. Wir können demnach, und da die Versuche nachweisen, dass XI Schiff $\bar{\text{b}}$ streckten, das Resultat hiebei als sicher annehmen, dass die Stange ungefähr 10 Schiff $\bar{\text{b}}$ tragen konnte, ohne eine permanente Formveränderung anzunehmen. Die Biegungsversuche gaben für diese Grenze 10,06 und die Drehungsversuche 9,5 bis 10,8, je nach dem angenommenen Werth von $\frac{a}{c}$.

Berechnungen über die Spannkraft.

§. 57. Nachfolgende Tafel giebt den Ausschlag der Berechnungen, das absolute Elasticitätsmaass $\frac{a}{c}$ betreffend. Einige wenige Stangen findet man darin nicht, weil sie wegen Ungleichheit der Dimension dieser Probe nicht unterworfen werden konnten. Alle übrigen Stangen haben jedoch die direkten Deh-

nungsversuche nicht durchgemacht, weil dazu mehr Zeit, als füglich war, erforderlich gewesen wäre. Aus den angestellten Dehnungsversuchen lässt sich jedoch die Uebereinstimmung leicht ermessen. — Bei 2 Stangen, Nro. 5. und Nro. 14., versäumten wir, zu rechter Zeit die Drehungslänge zu messen.

T a f e l

für das absolute Maass der Elasticität, aus den Versuchen berechnet.

Nr. der Stange.	Aus der Biegung §. 40. Gleichg. 11.	Aus der Drehung §. 46. Gleichg. 11. §. 48. Gleichg. 20.	Aus der Schwin- gung §. 53. Gleich- gung 23.	Aus der Dehnung §. 56.	Bemerkungen beim Zerreißen.	Nr. der Stange.	Aus der Biegung §. 40. Gleichg. 11.	Aus der Drehung §. 46. Gleichg. 11. §. 48. Gleichg. 20.	Aus der Schwin- gung §. 53. Gleich- gung 23.	Aus der Dehnung §. 56.	Bemerkungen beim Zerreißen.
1	975	1110	1164	1049		32	1062	1050	1062	1110	
2	1079	1199	1229	1082		33	1055	1051	1071	—	{ Zerriss mit klei- nen Blättchen.
3	959	1071	—	—		34	1046	1065	1068	1004	
4	1035	1150	1197	1007		35	1020	1035	1056	1032	
5	1066	—	—	—		36	1078	1188	1207	—	
6	1029	1'48	1159	1037		37	1153	865	962	—	Tiefe Blätter.
7	1039	1123	—	—		38	1052	1002	1053	—	{ Riss hatte sich geöffnet.
8	1015	1133	—	—		39	1091	1189	1162	—	
9	1017	1161	1222	994		40	1032	1067	1086	—	ein Blättchen.
10	1052	1160	1203	1032		41	1115	1103	1149	1102	Riss.
11	1022	1150	1165	1009		42	1085	1064	1101	1082	Blätter.
12	1007	1154	—	—		43	1030	945	972	1046	Blatt.
13	1042	1190	—	—		44	1061	951	985	—	zerriss blätterig.
14	1042	—	—	—		45	1021	892	971	1018	blätterig.
15	1052	1110	—	—		46	1114	1092	1106	1039	
16	930	1141	1157	—		47	1008	933	949	1050	kleine Blättchen.
17a	1187	1161	1205	1021	{ gestreckt un- gleich dick.	48	1032	873	928	—	{ Öffnungen vom Gärben.
17b	1096	1063	1039	917		49	1245	1001	1060	1070	
18	938	1144	1184	915		50	1163	1113	1118	1040	
19	1004	1122	1165	944		51a	1126	1094	1102	1045	
20	966	1131	1093	—		51b	1077	1056	1051	1009	
21	920	1134	1134	—	{ kleines Blätt- chen an der	52	1010	944	954	1025	
22	903	1134	1138	—	{ Oberfläche.	53	962	985	1003	1041	{ 2 Gärbefflächen öffnen sich. Gärbungsfläche erscheint u. war etwas geöffnet.
23	931	1162	1155	—	ebenso.	54	1044	979	983	1022	
24	913	1137	1127	—	mehrere.	55	1023	998	982		
25	955	1139	1141	—	ebenso.	56	1062	962	979		
26	1065	1112	1133	1076		57	1034	889	940		
27	1192	1110	1137	—		58	1057	952	962		deutl. Öffnungen
28	1083	1126	1147	—		59	1100	765	865		{ nach d. Gärben und Schweissen. ein Blättchen.
29	1039	1172	1058	—		61	1037	816	853		
30	1177	1120	1121	—		62	1021	929	943		
31	1222	1128	1138	1110		63	1017	1069	1104		{ mehrere Quer- risse.

§. 58. Indem wir hier einzig unsere Aufmerksamkeit auf Vergleichung der Verschiedenheiten im Werthe von $\frac{a}{c}$, wie ihn die eine oder die andere Bestimmungsweise giebt, richten, haben wir in den Bemerkungen Colonne 6 uns eine Erklärung dieser Verschiedenheiten angeben wollen. So giebt z. B. die Stange Nro. 37. für jenen Werth aus der Biegung 1153, aus der Drehung 865, aus der Schwingung 962. Der Unterschied scheint auf den tiefen Blättern zu beruhen, die beim Zerreißen sich öffneten. Gleichwohl zeigt bei den Stangen Nro. 41. und 42. die Uebereinstimmung in dem Werth, bei verschiedenen Bestimmungsweisen, dass das Verhalten dabei auf der Tiefe, der Richtung u. s. w. der Blättchen beruhen musste. Darin wird man bestärkt, wenn man die Stangen Nro. 55, 56, 57, 59, 61, 63. mit einander vergleicht. Alle waren undicht; gleichwohl hinderten die Querrisse die Stange Nro. 63. nicht, beim Drehen sich, wie wenn sie (gleichförmig) dicht wäre, zu verhalten; aber die langen Oeffnungen in den Schweissungsstrichen, welche Nro. 55, 56, 57, 59, 61. hatten, führten bedeutende Verschiedenheiten, in den Wirkungen der Stangen, beim Biegen und Drehen herbei. Man scheint dadurch zu der Vermuthung berechtigt, dass wenn der Biegungs- und Schwingungsversuch bei einer und derselben Stange bedeutend verschiedene Werthe geben sollte, diese Stange, längs ihrem Innern, bedeutende Undichtheiten hat. Wir bringen hiebei dem Leser ins Gedächtniss, was bereits Seite 54. in der Note, in Bezug auf Anwendung der Schwingung zur Untersuchung der Dichtigkeit des Eisens — vermittelt beobachteter Abnahme der Schwingungsbögen — angeführt worden ist. Wie wird ein blasiges und ein dichtes Gusseisen sich in dieser Hinsicht verhalten? Diese Frage scheint eine Antwort zu verdienen.

Eine andere Ursache der in Frage stehenden Verschiedenheit ist die Ungleichheit des Querschnitts. Die Stangen Nro. 17 b) und 17 a) waren aus einer, durch 28 Schiffth Spannung gestreckten Stange erhalten. Durch diese Streckung wurde der Querschnitt da, wo die grösste Streckung statt hatte, am meisten vermindert. Wir fanden bei der Messung der Durchmesser, dass 293 Linien Seidenfaden an einem Ende 23 Umwicklungen gaben, an dem andern nur 22. Diese Ungleichheit, welche mehr oder weniger bei geschmiedeten Stangen sich findet, muss nothwendig einen schädlichen Einfluss auf alle 4 Bestimmungsweisen des Elasticitätsmaasses haben, besonders da der Radius des Querschnitts bei den

drei ersten Versuchesarten mit der 4ten, und in der vierten Art nur mit der 2ten Potenz vorkommt.

Auf den Grund dieser Bemerkungen wollen wir nachfolgende Tabelle aufführen, welche bloß solche Stangen enthält, welche alle 4 Proben durchmachten, und keinen Bemerkungen ausgesetzt sind. Bei der Stange Nro. 51 b. führen wir an, dass, wenn man die Berechnung aus dem Schwingungsversuch führt, wo die Guss-eisenbüchse samt den beiden Scheiben benutzt wurde, man den Werth 1001, anstatt 1051, als die Büchse allein benutzt wurde, erhält.

T a f e l
über das absolute Elasticitätsmaass nach Auswahl der Versuche.

Nro.	Biegung.	Drehung.	Schwin- gung.	Dehnung.	Nro.	Biegung.	Drehung.	Schwin- gung.	Dehnung.
1	975	1110	1164	1049	26	1065	1112	1133	1076
2	1079	1199	1229	1082	31	1222	1128	1138	1110
4	1035	1150	1197	1007	35	1020	1035	1056	1032
6	1029	1148	1159	1037	49	1245	1001	1060	1070
9	1017	1161	1222	994	50	1103	1113	1118	1040
10	1052	1160	1203	1032	51a	1126	1094	1102	1045
11	1022	1150	1165	1009	51b	1077	1056	1051	1009
17a	1187	1161	1205	1021	52	1010	944	954	1025
18	938	1144	1184	915	53	962	985	1003	1041
19	1004	1122	1165	944	54	1044	979	983	1022

Man findet hieraus, dass das Biegungsresultat mit der Dehnung bei Nro. 2, 4, 6, 9, 10, 11, 18, 19, 26, 52, 54 nächst übereinstimmt; bei den übrigen aber das Resultat der Drehung und Schwingung. Diese Arten scheinen hier gleich zuverlässig.

§. 59. Wir wollen nun den Einfluss des Walzens und Schmiedens auf das absolute Elasticitätsmaass untersuchen. In dieser Absicht wollen wir aus der Tafel des §. 57. die wahrscheinlichsten Werthe dieser Grösse $\alpha : c$ entnehmen, und sie auf folgende Weise aufstellen,

T a f e l

über den Einfluss des Schmiedens und Walzens auf das absolute Elasticitätsmaass.

Schwedisch								Englische beste Sorte von Ankertau-eisen.	
Ungedärbt.				Gedärbt.					
Gewalzt.		Geschmiedet.		Gewalzt.		Geschmiedet.			
Nro.	$\frac{a}{c}$	Nro.	$\frac{a}{c}$	Nro.	$\frac{a}{c}$	Nro.	$\frac{a}{c}$	Nro.	$\frac{a}{c}$
1	1050	36	1130	46	1090	47	1010	16	1030
2	1080	37	1100	50	1110	48	1000	17 _a	1100
3	1010	38	1130	51 _a	1090	49	1060	18	1000
4	1040	39	1120			52	1010	19	1000
5	1070	40	1060			53	1000	20	1010
6	1040	41	1110			54	1020	21	1010
7	1080	42	1090			55	1010	22	1060
8	1070	43	1030			56	1030	23	1080
9	1020	44	1040			57	1020	24	1060
10	1050	45	1020			58	1020	25	1070
11	1020	63	1050			59	1100	32	1060
12	1080					61	1040	33	1060
13	1110					62	1020	34	1050
14	1040							35	1030
15	1080								
26	1080								
27	1120								
28	1100								
29	1060								
30	1120								
31	1130								

Der geringe, hier sich zeigende Unterschied liegt gewiss innerhalb der Grenzen möglicher Fehler in den Versuchen; denn würde er aus einem wirklichen Grund herfließen, so würde das Walzen eine entgegengesetzte Wirkung auf das

gare und ungare Eisen ausüben. — Bedenkt man nun die grosse Ungleichheit in den Eisenerzen, in der Feuerung und in der Bereitungsart beim schwedischen ungegärbten, geschmiedeten Stangeneisen und dem besten englischen; so scheint aus dem beinahe gleich grossen Werth für das absolute Elasticitätsmaass, aus diesen beiden Eisenarten, zu folgen, dass die Intensität der Spannkraft (ihr Maass, Qualität, vergleiche die Note S. 91.) in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Verhalten zwischen den Grundkräften steht, welches die Materie zu einem bestimmten Individuum macht. Ob und in wie ferne diess von der Grenze der Spannkraft und den übrigen Eigenschaften des Eisens — der Verschiebbarkeit und Cohäsion — gilt, wird sich in der Folge zeigen. Inzwischen erhellt aus den Werthen des Elasticitätsmaasses für die Stangen 17 a, 17 b, samt 51 a, und 51 b, dass die Intensität der Spannkraft unstreitig durch die Streckung — Drathziehen — vermindert wird, obgleich diese Verminderung ganz gering ist. Dass für das eigenthümliche Gewicht (*gravitas specifica*) dasselbe Verhalten statt findet, haben wir schon gezeigt (siehe §. 13. pag. 26.); eine merkwürdige Verbindung zwischen der Intensität der Spannkraft und der Dichtigkeit (*gravitas specifica*) eines Stoffs.

§ 60. Die Elasticitätsgrenze, durch Biegung und Dehnung gefunden, ergibt sich aus nachfolgender Tafel *). Die letzte Colonne enthält das Resultat der Dehnung; die Stange Nro. 1. z. B. scheint sich wohl bei 10 Schiffß Spannung um 0,017 Schraubenumläufe zu strecken. Aber da diese Grösse innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegt, so wagten wir erst die Streckung um 0,105 Uml. bei 11 Schiffß Spannung als sicher anzunehmen. Bei der Berechnung des Biegungsergebnisses für den ganzen Durchschnitt der Stangen, musste natürlich die Dimension der kleinsten Stelle genommen werden **). Bei der Berechnung der Colonne für *A* (aus dem Werth von *C*) haben wir den wahrschein-

*) Wir sind nicht im Stande, hier eine bezügliche Vergleichung mit dem Resultate der Drehung vorzulegen. Die Menge der numerischen Rechnungen, deren Resultat hier bloß mitgetheilt wird, hat diess nicht gestattet. Der Beitritt, der uns zu Theil geworden, war eben so wenig zureichend, und die Weitläufigkeit, in welche wir für diesen Theil der Arbeit fielen, musste diesen Entschluss herbeiführen; besonders da der Leser Gelegenheit gehabt hat die Uebereinstimmung des Rechnungsergebnisses für die Drehung und Biegung aus dem §. 51. zu ersehen. — Die Veranlassung, wodurch wir genöthigt waren, wegen der Ungereimtheit des Biegungsergebnisses, die Drehungsformel zur Bestimmung der Elasticitätsgrenze anzuwenden, ergibt sich im Folgenden.

**) Dabei muss man sich gleichwohl erinnern, dass bei der Biegung der stärkste Zug in der Mitte, und bei der Drehung an dem einen Ende ist. Bei der Spannung nach der Länge ist dagegen der Zug überall gleich.

lichsten Werth vom Elasticitätsmaass genommen. Hier konnten blos solche Stangen aufgenommen werden deren Elasticitätsgrenze mit einiger Sicherheit beobachtet werden konnte *).

Tafel über die Elasticitätsgrenze, nach Gleichung (12) §. 41. berechnet.

Nro.	Biegung.			Dehnung.	
	C. Verhältniss für die Einheit.	A. für die Einheit. für den kleinsten Querschnitt. in Schiffpfunden.		Grösse in Schrauben- Umläufen.	Spannung in Schiff- pfunden.
1	0,000657	0,641	10,2	0,105	11
2	739	797	12,2		11
4	589	610	9,9	0,036	11
6	517	532	8,9	0,258	10
9	703	715	10,9	238	10
10	550	778	9,5	070	11
11	0,000583	0,596	9,8	0,100	10
17a	587	697	10,4	073	10
17b	1568	1,440	18,9	106	19
18	0572	0,536	8,3	151	10
19	822	685	11,6	043	12
26	0,000685	0,739	12,8	0,552	13
31	619	693	11,9	143	13
34	734	768	13,1	030	14
35	740	762	13,0	075	13
41	686	761	11,6	071	13
42	0,000714	0,778	11,3	0,050	12
43	754	779	12,3	071	13
45	629	642	11,8	374	13
46	785	872	15,9		16
47	803	807	14,9		17
49	0,000888	0,950	15,6	0,060	15
50	933	970	17,4		16
51a	820	856	15,4	153	15
51b	1027	1,106	17,6	020	26
52	842	0,850	14,3	300	15
53	883	919	14,7	200	15
54	680	709	15,3	030	24

*) Folgende Anmerkungen gehören zu der Tafel; Nro. 26. die Spannkraftsgrenze erachten wir bei 24 $\mathcal{H}$.
 Zu Nro. 35: Bei der Redaction dieser Nummer nahm man die Grenze bei 33 $\mathcal{H}$; bei genaueren
 Nachsehen finden wir, dass sie schon bei 24 $\mathcal{H}$ eintraf. Hiernach ist die Berechnung geführt. (s. II. Th.)
 Zu Nro. 41 : Grenze angenommen bei 18 $\frac{3}{4}$ $\mathcal{H}$. (s. II. Th.) Zu Nro. 42 : Grenze bei 19 $\frac{1}{4}$ $\mathcal{H}$.

Für die grosse Abweichung bei den Stangen Nro. 51 b. und Nro. 54, zwischen den Biegungs- und Dehnungsversuchen, können wir uns keine Rechenschaft geben. Die Versuche sind wohl, in Beziehung auf die Bestimmung der Spannkraftsgrenze, mit zu grossen Unterschieden am Gewicht geführt, um recht scharf zu seyn. Bei der Vergleichung mit einander sieht man gleichwohl, wo die Grenze genommen werden muss.

Schreibt man diess Resultat auf nachstehende Weise um, schliesst Nro. 17 b. und 51 b. als gestreckte, so wie Nro. 54 in Hinsicht auf den Widerstreit zwischen dem Drehungs- und Dehnungsversuch aus, so erhält man Folgendes.

T a f e l

über die Elasticitätsgrenze, nach Gleichung (12) §. 41. berechnet.

Schwedisches Stangeneisen.								Englisches bestes und Ankertau-eisen.	
Ungegärbt.				Gegärbt.					
Gewalzt.		Geschmiedet		Gewalzt.		Geschmiedet.			
Nro.	A.	Nro.	A.	Nro.	A.	Nro.	A.	Nro.	A.
1	0,641	41	0,761	46	0,872	47	0,803	17a	0,697
2	0,797	42	0,778	50	0,970	49	0,950	18	0,536
4	0,610	43	0,779	51a	0,856	52	0,850	19	0,685
6	0,532	45	0,642			53	0,919	34	0,768
9	0,715							35	0,762
10	0,578								
11	0,596								
26	0,739								
31	0,693								
Sum.	5,901		2,960		2,698		3,522		3,448
Mittel	0,656		0,740		0,899		0,880		0,690

Bei dem ersten Blick scheint der merkwürdige Umstand statt zu finden, dass das Mittel der Elasticitätsgrenze eine deutliche Ordnung, sowohl mit den

drei ersten Bereitungsarten des Eisens, als auch mit dem Elasticitätsmaass befolgt. Wir halten jedoch diese Versuche für zu wenig, als dass sie in dieser Hinsicht entscheidend seyn könnten, besonders da derselbe Gegensatz, den wir bereits bei der Frage über das Elasticitätsmaass bemerkten — dass nämlich das Walzen eine entgegengesetzte Wirkung auf gegärktes und ungegärktes Eisen herbeiführen müsste — auch daraus folgen würde. Wir sind fast mehr zu der Ansicht geneigt, dass die Streckungsart hierbei nicht hauptsächlich Einfluss hat, sondern nur in so weit, als die Wahl einer passenden und Beibehaltung einer gleichförmigen Temperatur während des Streckens davon eine Folge seyn könnte *). — Dagegen aber ziehen wir aus diesem Resultat den Schluss, dass das Gärben die Spannkraft des Eisens vermehrt. Dieser Satz wird noch mehr durch die Angaben der englischen Schriftsteller bestärkt, gemäss welchen das schwedische Eisen elastischer ist, als das englische **); denn unter dem letztern versteht man gewöhnlich die ordinären Dimensionen des gemeinen englischen Eisens ***). Da nun das hier geprüfte englische Eisen, in Beziehung auf Spannkraft, mit dem schwedischen ungegärkten, d. h. dem schwedischen, welches die Schriftsteller untersuchten, als gleich erfunden wird; so folgt, dass das englische Eisen, welches wir untersuchten, elastischer ist, als das von dem sie reden. Aber das von uns untersuchte hat mehrere Gärbungen durchgemacht, als das, wovon sie reden; also gewinnt auch englisches Eisen an Spannkraft durch das Gärben.

Die Tafel giebt auch einen bedeutenden Unterschied innerhalb derselben Klasse von Eisen zu erkennen, z. B. dem schwedischen ungegärkten, gewalzten, da der kleinste Werth von A. 0,532 bei Nro. 6, und der grösste bei Nro. 2. 0,797 ist. Wir kommen auf diese Bemerkung bei der Untersuchung der übrigen Eigenschaften des Eisens (der Verschiebbarkeit) zurück.

*) Dass die Stangen Nro. 2. und Nro. 6. in etwas verschiedener Temperatur gewalzt worden sind, ist gewiss. Das gewalzte zeigt beides, ein schwächeres und stärkeres Eisen, als das geschmiedete ungegärkte. Vergleiche hiemit §. 13.

**) Z. B. TREDGOLD (a. a. O. p. 103), welcher glaubt, dass dieses vom Schmieden herkomme. Er findet das Verhältniss nahezu wie 4 : 3.

***) Herr TREDGOLD sagt: All these specimens were tried in the same state as the bars are sent from the iron-works. (Alle diese Proben wurden in demselben Zustand versucht, in welchem sie von den Eisenwerken gesendet worden.)

Vergleichung mit andern Schriftstellern.

§. 61. Die Art, deren sich die ausländischen Schriftsteller zur Bestimmung des Elasticitätsmaasses bedienen, haben wir oben §. 33. angegeben. — Wir wollen nun sehen, wie ihre Resultate mit den unsrigen zusammenstimmen.

Herr DULEAU *) setzt $a : c = 20000$, er bedient sich hiebei als Einheiten der Kilogramme und Quadratmillimeter. Auf unsere Einheiten reducirt, giebt diese Grösse 1037. Diess stimmt mit unsern Versuchen überein, bei welchen für verschiedene Eisenwaaren das Elasticitätsmaass von 1033 bis 1097 variirt.

Herr TREDGOLD **) setzt das Spannkraftsmaass 2492000, wobei das Avoir du poids Gewicht und der Quadratzoll die Einheiten sind. Auf unsere Einheiten reducirt, kommt 908; diess ist etwas kleiner, als unsere und die französischen Versuche geben. Gleichwohl gilt hier die Bemerkung, dass man bisher aus Drehungs- oder Schwingungsversuchen keine Berechnung anstellen konnte, und dass, so viel uns bekannt, Niemand Dehnungsversuche anstellte, wesswegen man blos aus Biegungs-Versuchen das Elasticitätsmaass finden konnte. Würden wir diese Grösse nur aus Biegungsversuchen hergeleitet haben, so würde sie (laut der Tafel §. 57.) von 903 bis 1245 variiren. Berechnen wir diese Grösse aus Herrn TREDGOLDS Versuchen mit schwedischem Eisen, so wird ihr Werth 1173. Wir finden demnach auch in Herrn TREDGOLDS Versuchen eine genaue Uebereinstimmung.

Herr DULEAU ***) hat aus der Berechnung seiner Versuche Eisenstangen gefunden, die ihre Spannkraft erst für $C = 0,00045$ verlohren, und andere, wo sie ungeändert blieb, obgleich C von 0,0009 bis 0,001167 stieg. Für die Eisenstangen, welche die Tabelle §. 60. aufzeigt, variirt C zwischen 0,000517 und 0,000933, oder, wenn man die gestreckten Stangen nicht ausnimmt, bis zu 0,001568. Die Uebereinstimmung hierin scheint also befriedigend.

Herr TREDGOLD †) giebt 17800 ℔ als das Gewicht an, das gutes englisches Eisen ohne Streckung tragen kann, und $C = \frac{1}{1400}$. Diess erstere giebt

*) A. a. O. pag. 54.

**) A. a. O. p. 276. Er führt Versuche an p. 102, gemäss welchen $a : c$ für englisches Eisen 24542800 und schwedisches 32191000. Die Dimension war 1 Zoll, und die Stangen gröbere quadratische.

***) A. a. O. p. 78.

†) A. a. O. p. 276.

$A = 0,648$. Unsere Versuche geben 0,690 im Mittel. Das erstere giebt $C = 0,000878$, wo dagegen unsere Versuche C 0,000933 geben, wenn man die gestreckten Stangen ausnimmt, für welche das grösste C 0,001558 ist.

Elasticitätsgesetz.

§. 62. Wir haben im §. 55. die Schwingungsversuche angeführt, die wir zur Untersuchung der Giltigkeit des Elasticitätsgesetzes ausführten. In derselben Hinsicht sind die Versuche mit den Stangen Nro. 17 b. und Nro. 51 b. (s. II. Thl.) angestellt.

Alle Reihen bei diesen Schwingungsversuchen zeigen gemeinsam, dass der Eisendrath 20 Schwingungen in kürzerer Zeit machte, da die Amplitude des Bogens ungefähr 1 Grad, als da sie grösser war. Die 4 ersten Reihen vereinigen sich gemeinsam zu dem Resultat, dass, als die Amplitude des Bogens ungefähr 37,5 Grad betrug, ungefähr 90 Sekunden zu 20 Schwingungen erforderlich waren; aber zu den kleinsten Amplituden, wo die Schwingungen gleichzeitig wurden, nur 83,6. — Diese Versuche stimmen auch sehr gut, in Hinsicht auf Abnahme der Amplitude, unter einander überein; denn die Reihen geben folgende Zeiten und Grade einander widersprechend, 1ste 86,8 Sekunden, für 5,0 Grad; 2te, 86,8 und 5,0; 3te, 86,4, und 4,7; 4te, 86,0 und 4,7; 6te, 86,4 und 4,8. — Die Stange Nro. 17 b. giebt in dieser Hinsicht, vermittelt der direkten Dehnungsversuche folgendes Resultat:

T a f e l

über die Dehnung der Stange Nro. 17 b.

Spannung in Schiffh.	Länge zwischen den Endstrichen.	Erste Differenz.	Zweite Differenz.
1	$s - 0,564$ Uml.	2,788	
7	$s + 2,224$	2,679	— 0,109
13	$s + 4,903$	2,591	— 0,088
19	$s + 7,494$		

Die Stange Nro. 51 b. wurde in dieser Hinsicht auf zweierlei Weise benützt. Zuerst wurde die Spannung von 1 Schiff $\text{\AA}$ auf 7 erhöht. Bei diesem Unterschied von 6 Schiff $\text{\AA}$ dehnte sich die Stange um 2,061 Uml. aus. Als die Spannung von 1 bis 19 Schiff $\text{\AA}$ vermehrt wurde, stieg die Dehnung um 6,064 Umläufe. Nun ist $3 \cdot 2,061 = 6,183$; demnach nimmt die Dehnung bei grössern Spannungen ab, und verhält sich nicht wie die spannenden Kräfte. — Die andere Versuchsreihe ist in nachstehender Tabelle enthalten.

T a f e l
über die Dehnung der Stange Nro. 51 b.

Unterschied der Spannungen in Schiffpfunden.	Dehnung.	Erste Differenz.	Zweite Differenz.	Dritte Differenz.
10 — 5	1,746 Uml.			
15 — 5	3,465 „	1,719	— 0,037	— 0,005
20 — 5	5,147 „	1,682	— 0,024	
25 — 5	6,787 „	1,640		

Beim ersten Blick auf diese Tabellen findet man sogleich, dass das im Allgemeinen angenommene Elasticitätsgesetz bei grösseren Spannungen nicht gelten kann. — Obgleich die Spannkraftsgrenze bei den Stangen Nro. 17 b. und Nro. 51 b. durch Streckung bedeutend erweitert ward, so konnte gleichwohl, aus der Schwingung derselben, kein zuverlässiges Resultat in Betreff der Abnahme der Schwingungszeiten mit den Amplituden erhalten werden.

Die Grenze, innerhalb welcher die Versuche im Allgemeinen angestellt wurden, gestattet jedoch eine sichere Annahme des Spannkraftsgesetzes; desswegen auch den darauf gegründeten Berechnungen keine Ungenauigkeit zugeschrieben werden darf, wegen des in diesem Paragraph erhaltenen Resultats. Dieser Gegenstand hat demnach ein blos theoretisches Interesse; wir übergehen daher hier die Untersuchungen, welche die Versuche in dieser Hinsicht fordern, welches auch schon die Weitläufigkeit verbietet, in die wir gerathen würden.

§. 63. Die Folgerung, welche uns die Versuche §. 59, gaben, dass das Elasticitätsmaass (der Modulus) für ungleiche Eisenarten nicht bedeutend ungleich

ausfällt, eben so wenig für den Uebergang bei einem und demselben Eisen von einem Zustand zu dem andern, veranlasste folgende Versuche in Betreff des Einflusses der Härtung hierauf.

Zwei Stimmgabeln wurden aus derselben Stahlart, nämlich Gärbstahl, gefertigt, und durch Feilen genau zusammen gestimmt. Die eine wurde gehärtet und die andere unberührt zur Gegenprobe gelassen. Die gehärtete nahm von gewöhnlichen Feilen keinen Eindruck an, ausser an einer einzigen Stelle von geringer Weite. Jetzt war der Ton der gehärteten Gabel etwas tiefer, als der der ungehärteten, doch der Unterschied nicht so bedeutend, dass man eine sichere Schätzung genau machen konnte. Die Füsse der Stimmgabel waren 45,7 Dec. Lin. lang *). Nehmen wir nun, nach FORTIN'S **) Versuchen, die Ausdehnung unter der Härtung gleich 0,0003, so wurden die Füsse um 0,0137 Dec. Lin. durch die Härtung verlängert. Den geringen, fast unmerklichen Unterschied im Ton, den die Härtung verursachte (der nicht auf $\frac{1}{4}$ Ton stieg), schrieben wir demnach der Ausdehnung des Stahls zu, und sind folglich der Ansicht, dass das Spannkraftsmaass keine Veränderung erlitten habe: ein Resultat, welches genau mit TREDGOLDS und COULOMBS Versuchen übereinstimmt (s. §. 32.), bestätigt auch den Begriff, den wir uns von der Intensität der Spannkraft gemacht haben, als sey sie eine von den zufälligen Veränderungen der Metalle in ihren übrigen Eigenschaften nahezu unabhängige Grösse, und sonach die eigentliche, die Metalle charakterisirende Eigenthümlichkeit.

*) Ihr Querschnitt war auf das genaueste ein Rechteck, dessen eine Seite $\frac{25}{9}$ und die andere $\frac{21}{8}$ Dec. Lin. war.

**) Biot a. a. O. Tom. I. pag. 513. 514.

V O N D E R

VERSCHIEBBARKEIT UND COHÄSION.

Dichtheit des Eisens.

§. 64. Ehe wir die Beurtheilung des Einflusses, welchen die Bereitungsart des Eisens auf die Eigenschaften der Verschiebbarkeit und Cohäsion hat, vornehmen, müssen wir zuerst unsere Aufmerksamkeit auf den ungleichen Grad von Dichtheit (Dichtheit, soviel als Freiheit von Blättern, Rissen) und Gleichheit (Gleichförmigkeit) richten, den bei einer oder der andern Bereitungsart das Eisen zeigt; Eigenschaften, welche man absolute nennen könnte (da sie eigentlich jedem Eisen zukommen sollten), zum Unterschied von den verschiedenen Graden von Verschiebbarkeit oder Cohäsion, welche zwei ungleiche, aber sonst gute Eisensorten haben können; diese Eigenschaften könnte man relative nennen *).

In Hinsicht auf die Dichtheit dieser Art, wollen wir die Stangen in 3 Klassen theilen:

- 1ste Klasse, Stangen, welche keine innere Undichtheit zeigten;
- 2te Klasse, welche wohl Undichtheiten in der Oberfläche zeigten, aber keine tiefe und schwächende;
- 3te Klasse, welche entweder sich beim Zerreißen in tiefe Blätter öffneten, oder in Querrisse und Gärbungsfugen, oder auch in deutlichen tiefen Oeffnungen zerrissen.

*) Wir haben (s. Svea a. a. O. pag. 120.) die absoluten Eigenschaften des Eisens eingetheilt in Schmiedbarkeit (welche Freiheit von Blättern voraussetzt) und Dichtheit; und die relativen Eigenschaften in Härte, Weichheit und Elasticität (Spannkraft). In wie weit Härte und Weichheit auf der Verschiebbarkeit beruhen, so wie Zähheit auf der Cohäsion, zeigt sich weiterhin. Dass Verschiebbarkeit und Cohäsion alle relativen Eigenschaften des Eisens in sich fassen, hat Herr SÄFSTRÖM zu zeigen gesucht. Siehe die Annalen des Eisen-Comptoirs 1826. p. 93. ff.

Tafel über die zerrissenen Stangen, nach Klassen und Bereitungsart.

Erste Klasse.					Zweite Klasse.				
Nro.					Nro.				
1	Schwed.	ungegärbt.	○	Walz.	22	Englisches	Cable	○	Walz.
2	»	»	»	»	23	»	»	»	»
3	»	»	»	»	24	»	»	»	»
4	»	»	»	»	25	»	»	»	»
5	»	»	»	»	34	»	bestes	□	»
7	»	»	»	»	38	Schwed.	ungegärbt.	○	Schmied.
8	»	»	»	»	47	»	gegärbtes	□	»
9	»	»	»	»	48	»	»	»	»
10	»	»	»	»	50	»	»	»	Walz.
11	»	»	»	»	51	»	»	»	»
12	»	»	»	»	53	»	»	»	Schmied.
13	»	»	»	»	54	»	»	»	»
14	»	»	»	»	56	»	»	»	»
15	»	»	»	»	59	»	»	»	»
17b	Engl.	Cable	»	»	63	»	ungegärbt.	○	»
18	»	»	»	»	64	»	gegärbtes.	□	»
19	»	»	»	»	65	»	»	»	»
20	»	»	»	»	69	»	»	»	»
21	»	»	»	»	Dritte Klasse.				
26	Schwed.	ungegärbt.	□	»	37	Schwed.	ungegärbt.	○	Schmied.
27	»	»	»	»	40	»	»	»	»
28	»	»	»	»	41	»	»	»	»
29	»	»	»	»	42	»	»	»	»
30	»	»	»	»	43	»	»	□	»
31	»	»	»	»	44	»	»	»	»
32	Englisches	bestes	»	»	45	»	»	»	»
33	»	»	»	»	57	»	gegärbtes	»	»
35	»	»	»	»	60	»	»	»	»
36	Schwed.	ungegärbt.	○	Schmied.	61	»	»	»	»
39	»	»	»	»	68	»	»	»	»
46	»	gegärbtes	□	Walz.	Anm. Nro. 6. und Nro. 16. wurden nicht zerrissen. Cable bedeutet Ankertaueisen.				
49	»	»	»	Schmied.					
52	»	»	»	»					
55	»	»	»	»					
58	»	»	»	»					
62	»	»	»	»					
66	»	ungegärbt.	»	»					
67	»	gegärbtes	»	»					

§. 65. Man sieht hieraus, dass bloß geschmiedete Stangen in der 3ten Klasse und in der 2ten Klasse keine oder einige wenige ungegärbte und gewalzte Stangen von schwedischem Eisen vorkommen. Das Walzen hat demnach ein so dichtes Eisen gegeben, dass alle 20 ungegärbte Stangen in die 1ste Klasse kamen. Das Schmieden dagegen hat ein so undichtes Eisen gegeben, dass von 12 ungegärbten geschmiedeten Stangen 7 in Blätter barsten, 2 sich in geringere Undichtheiten beim Zerreißen öffneten, und nur 3 vollkommen dicht waren.

Betrachtet man das gegärbte schwedische Eisen im Allgemeinen, so zeigt sich, dass von 22 Stangen bloß 7 vollkommen dicht waren, 11 sich in den Gärbungsfugen beim Zerreißen öffneten, und 4 in Folge innerer Undichtheiten zerrissen. — Dass das Gärben ein dichtes Eisen geben kann, ebenso, dass es sehr viele Versuche erfordert um vollkommen zu glücken, ist lange bekannt gewesen*), unsere Erfahrung hierin ist bloß eine neue Bekräftigung davon, die sich sowohl auf das Gärben unter dem Hammer, als zwischen den Walzen erstreckt. Aber dass der Vorzug der Walzen — dem Eisen mehr Dichte zu geben als das Schmieden — auch statt findet, wenn vom gegärbten Eisen die Rede ist, ist abermals eine Erfahrung, welche die Ursache, warum wir auch in dieser Hinsicht unser Vertrauen auf das Walzen setzen, rechtfertiget **). Man sieht diese Wirkung des Walzens darin, dass keine gegärbte und zugleich gewalzte Stange in der dritten Klasse vorkommt. Unter denen durch den Hammer gegärbten Stangen, Nro. 64, 65, 67, 68, 69, findet sich bloß eine einzige, Nro. 67., in der ersten Klasse.

*) RINMANN sagt: „Weil man aber bei dem Eisen nicht bloß Zähigkeit, sondern auch Dichtigkeit verlangt, so muss das Gärben mit grosser Aufmerksamkeit geschehen. Man muss dabei eine oft wiederholte Schweisshitze geben, und darauf sehen, dass sich keine harte Schlacke zwischen die zu verbindenden Stücke legt, und dass man diejenigen Stellen, welche sich noch nicht wohl mit einander verbunden haben, durchaus nicht ausreicht. — Am besten geschieht demnach das Gärben entweder mit Handhämmern oder mit leichten Wasserhämmern, die sehr schnelle und dichte Schläge geben. Der Stahl und das stahlartige Eisen fallen dabei dichter aus, als das weiche Eisen, weil das letztere nicht allein eine stärkere Hitze erfordert und einen grössern Abbrand erleidet, sondern weil man es auf diese Weise selten oder vermuthlich nie so dicht erhalten kann, als es zu fein polirten Arbeiten, bei denen die geringsten Undichtheiten sehr leicht als feine Ritzen, Aschenlöcher oder Flecken zum Vorschein kommen, nöthig ist. Mir hat es wenigstens bei vielen Versuchen nicht immer gelingen wollen.“ S. RINMANN Geschichte des Eisens — übersetzt von Dr. C. J. B. KARSTEN. I. Band S. 473. (Ausgabe v. 1823.). — Vergleiche Anleitung zur Kenntniss der gröbern Eisen- und Stahlveredlung p. 221.

**) Svea a. a. O. §§. 41. und 15.

Betrachten wir blos das zwischen den Walzen gegärbte Eisen im Allgemeinen, so finden wir, dass von 30 Stangen 14 vollkommen dicht waren; 14 wiesen geringere und nicht schwächende Undichtheiten beim Zerreißen, 2 zerrißen in Blätter.

Von dem hier untersuchten englischen Eisen hat keine einzige Stange eine schwächende Undichtheit gehabt, die sich beim Zerreißen gezeigt. Sein Verhalten beim Schmieden kommt nachher vor.

Die Uebereinstimmung dieser Resultate mit denen, durch die Versuche zu Eskilstuna erhaltenen, zeigt ein blosser Blick auf die Tabelle p. 30.

Gleichheit des Eisens.

§. 66. Die Gleichheit des Eisens haben wir dadurch untersucht, dass wir die Streckung jeglichen Fusses beim Zerreißen maassen, wobei auch die Geradheit der Stange, ihre Krümmung, oder gedrehter Zustand nach dem Zerreißen beobachtet wurde, sowie auch das Ansehen im Bruche (s. §. 29.).

Nachfolgende Tabelle zeigt die grösste und kleinste Verlängerung unter allen 6 Fuss Abtheilungen einer Stange, in Decimallinien, gemessen nach dem Zerreißen oder der letzten Streckung, wenn nämlich die Stange zerriss beim Umstauchen oder ausserhalb der Gradirung. Die Stange Nro. 6. wurde nicht gestreckt; Nro. 60., gegärbt und geschmiedet, war so undicht, dass sie abgehauen werden musste, und die ganze Fusslänge besonders untersucht. Nro. 68. und 69. waren zu schlecht geschmiedet, um dieser Probe unterworfen werden zu können.

T a f e l

über die grösste und kleinste Verlängerung in den Stangen, in Dec. Lin.

Schwedisches Stangeneisen.												Englisches Eisen beste Sorte und Ankertauereisen.		
Ungeärbt.						Gegärbt.								
Gewalzt.			Geschmiedet.			Gewalzt.			Geschmiedet.					
Nro.	Grösste.	Kleinste.	Nro.	Grösste.	Kleinste.	Nro.	Grösste.	Kleinste.	Nro.	Grösste.	Kleinste.	Nro.	Grösste.	Kleinste.
1	18,6	10,1	36	3,2	0,0	46	20,4	14,0	47	5,6	0,1	18	14,7	13,0
2	10,3	5,8	37	0,2	0,0	50	18,9	12,7	48	8,2	3,5	19	17,7	12,4
3	25,1	8,7	38	4,4	0,9	51	17,0	15,1	49	14,0	1,3	20	20,0	10,4
4	23,8	8,7	39	4,8	1,8				52	6,0	1,8	21	23,4	14,1
5	20,0	15,9	40	4,5	0,7				53	6,8	4,3	22	17,8	11,7
7	22,1	2,2	41	4,0	0,4				54	8,5	1,0	23	18,3	9,3
8	27,1	7,6	42	5,2	0,6				55	8,1	6,0	24	15,4	10,5
9	26,4	8,7	43	4,2	1,2				56	8,7	0,6	25	21,9	14,0
10	22,3	13,5	44	6,9	0,0				57	9,2	0,4	32	17,1	10,9
11	24,0	10,7	45	9,5	0,5				58	10,2	0,0	33	16,4	14,1
12	25,3	8,7	63	8,5	0,0				59	9,2	0,2	34	16,4	11,3
13	26,8	14,3	66	5,2	1,2				61	12,4	0,0	35	16,7	13,0
14	23,8	15,3												
15	26,0	7,7							62	6,5	0,8			
26	18,1	10,6							64	10,5	5,8			
27	17,2	5,9							65	4,3	2,9			
28	20,8	13,1							67	12,0	0,8			
29	23,5	3,8												
30	14,4	10,6												
31	23,8	5,5												
Sum.														
20	439,4	187,4	12	60,6	7,3	3	56,3	41,8	16	140,2	29,5	12	215,8	144,7
Mittel Verh.	2,35	1		8,30	1		1,35	1		4,75	1		1,49	1

§. 67. Man sieht hieraus, dass die Gleichheit des Eisens die verschiedenen Bereitungsarten in folgende Ordnung stellt, wenn man ein homogenes Eisen gewinnen will :

1. Gegärktes und gewalztes schwedisches Stangeneisen.
2. Englisches bestes Stangeneisen und Ankertaueisen.
3. Ungegärktes und gewalztes schwedisches Stangeneisen.
4. Gegärktes und geschmiedetes ditto.
5. Ungegärktes und geschmiedetes ditto.

Gleichwohl finden sich zwei ungegärkte und gewalzte Stangen, Nro. 7. und Nro. 29., welche sehr ungleich sind. Aber da die Anzahl der Stangen 10 ist, so scheint diese Bemerkung das Urtheil im Ganzen nicht aufzuheben. Dasselbe gilt, nach unserer Ansicht, auch für die Bemerkung, dass unter 12 geschmiedeten ungegärkten, die Stange Nro. 37. sich gleich gezeigt hat. Das Verhalten zwischen dem gewalzten und geschmiedeten gegärkten schwedischen Stangeneisen scheint insonderheit den ungleichen Einfluss der Bereitungsart auf die Gleichheit des Stangeneisens an den Tag zu legen. Denn hier waren die 2 Zoll Quadratstangen, woraus die Stangen Nro. 47, 48. u. s. w. ausgeschmiedet wurden, eben so gleich, wie die 2 Zoll Quadratstangen, woraus Nro. 46, 50. und 51. ausgewalzt wurden; denn Nro. 46. war eben das mittlere Drittel von dem gegärkten Eisenstück, aus welchem die Stangen Nro. 55, 56, 57, 58 ausgeschmiedet wurden. Nro. 50. war das mittlere Drittel von dem gegärkten Eisenstück, aus welchem die Stangen Nro. 47, 48, 49, 52, 53, 54. ausgeschmiedet wurden. Nro. 51. war das mittlere Drittel des gegärkten Eisenstücks, aus welchem die Stangen Nro. 59, 60, 61, 62. ausgeschmiedet wurden. Wir können keine andere Ursache der verschiedenen Gleichheit des gewalzten und geschmiedeten gegärkten schwedischen Eisens einsehen, als die letztere Streckungsart; denn dieses ist der einzige verschiedene Umstand.

Der hohe Grad von Gleichheit, der in jedem Querschnitt erfordert wird, damit eine Eisenstange nach dem Zerreißen vollkommen gerade sey, kann im Allgemeinen nur dem englischen Eisen, das mehrmals gegärkt ist, zugeschrieben werden. Doch sind mehrere Stangen, beides von gegärkten und ungegär-

ten, gewalzten und geschmiedeten Eisen, nach dem Zerreißen gerade geblieben. Den Unterschied haben wir gleichwohl zwischen gewalztem und geschmiedetem Eisen gefunden, dass das erstere beim Zerreißen eine kleine Biegung annimmt, die aber in einer und derselben Ebene liegt, das letztere dagegen mehrentheils eine Linie von doppelter Krümmung annimmt. Daraus folgt also, dass die Ungleichheit des gewalzten Eisens, längs der Stange, auf derselben Seite liegt *), da im Gegentheil beim geschmiedeten Eisen die harten und weichen Fibern unter dem Strecken sich drehen, so dass dieselbe Seite der Stange auf der einen Stelle weich und auf der andern hart ist. Die Ursache des, dem Walzen zukommenden, Vorzugs scheint uns hier nicht zweifelhaft, denn ausser der gleichen Temperatur und Druck, wobei das Walzen vor sich geht, zeigt sich auch beim Schmieden die Bemerkung, dass die Wendung des Eisens unter dem Hammer vom Kunstgriff des Schmiedes abhängt, da hingegen beim Walzen keine Wendung vorkommt. — Dass das Gärben dem Eisen einen höhern Grad von Gleichheit giebt, als es vorher hatte, ist lange bekannt gewesen (s. RINMANN).

Verschiebbarkeit des Eisens.

§. 68. Die Verschiebbarkeit des Eisens haben wir untersucht,

1. durch Messung der Verlängerung, welche ein Fuss durch das Zerreißen annahm;
2. durch Messung der Dimensionen der Rissfläche;
3. durch Probiren — der Schmiedbarkeit bei den verschiedenen Eisenarten — der Leichtigkeit, womit eine Schraube sich ziehen liess — der Härte, welche Eisen bei schneller Abkühlung annimmt, und des Zusammenhalts beim Nieten.

*) Eine solche Stange ist zu manchem Behuf anwendbar; da im Gegentheil diejenigen, deren Ungleichheiten gedreht sind, ohne Umschmiedung, nicht recht zu etwas taugen. POLHEM war der Ansicht, dass die Aussentheile der gewöhnlichen Schmelzstücke ein Eisen der ersten Art geben könnten, und schlug vor, dass man auf eine Seite einen Stempel schlagen sollte, so dass die Kleinschmiede wissen könnten, welche Seite sie bei verschiedenen Fällen einwärts wenden sollen. Siehe sein patriotisches Testament.

Aus der Tabelle in §. 66. ergibt sich, dass 20 ungegärbte Stangen von schwedischen Eisen sich zusammen um 439,4 Dec. Lin. in dem zerrissenen Fuss streckten, oder im Mittel um 21,97 Procent. Diese Tabelle stellt also folgende Ordnung der Eisenarten in dieser Hinsicht auf.

<i>a.</i> Ungegärbtes gewalztes schwedisches Stangeneisen welches sich im Mittel streckte um	21,97 Dec. Lin.
<i>b.</i> Gegärbtes gewalztes schwedisches Stangeneisen	18,77 » »
<i>c.</i> Englisches Stangeneisen, beste Sorte, Taueisen	17,98 » »
<i>d.</i> Gegärbtes geschmiedetes schwedisches Stangeneisen	8,76 » »
<i>e.</i> Ungegärbtes geschmiedetes schwedisches Stangeneisen	5,05 » »

Obgleich es unlängbar ist, dass die Temperatur hierbei einen mächtigen Einfluss ausübt (s. pag 23.), so sprechen doch diese Resultate zu bestimmt, um ohne Beachtung gelassen zu werden. Sie scheinen uns nämlich an den Tag zu legen, dass das Walzen dem Eisen einen weit höheren Grad von Verschiebbarkeit geben kann, als das Schmieden. Dass gleichwohl der Betrag des Unterschieds in der Streckung (wie ihn die letztgenannten Resultate ausweisen) nicht allein dem Walzen zugeschrieben werden muss, ist, nach unserer Ansicht, unzweifelhaft durch die Versuche erwiesen, welche in §. 8, 9, 10, 11 und 12 angeführt worden sind. Denn sie zeigen die verschiedene Streckung bei dem gewalzten Eisen, je nachdem das Walzen bei Weissglühhitze oder Rothglühhitze verrichtet wird. (Siehe die §. 8. Nro. 1, 2, 5, 6, verglichen mit §. 9. Nro. 7, 8, 9, 10.) Dass das Walzen nothwendig in einer höheren Temperatur vor sich geht, als das Schmieden, ist unstreitig. Denn obgleich das Zeug der Stangen in einer etwas niedrigeren Temperatur im Allgemeinen zwischen den Walzen steckt, als es unter dem Hammer liegt, so ist gleichwohl das Walzen schon vorbei, ehe die Stange die Rothglühfarbe verloren hat, aber das Schmieden nicht eher, als bis die Stange farblos ist. Wir halten es demnach für höchst wahrscheinlich, dass das Vermögen der Walzen, dem Eisen einen höheren Grad von Gleichheit mitzutheilen, als das Schmieden, auf der Höhe und Gleichheit der Temperatur beruht, in welcher das Walzen geschieht, und auf

dem unveränderlichen Druck, der zwischen den Walzen statt hat; auch dass der Einfluss des Walzens auf die Verschiebbarkeit vornehmlich daher rührt, dass das Strecken in einem dazu passenden und unbedeutend veränderlichen Wärme-grad geschieht.

§. 69. Bei den meisten Stangen (s. II. Theil) wurden die Dimensionen der Rissfläche gemessen. Bei der Stange Nro. 1. z. B. war ihr Durchmesser im Mittel 3,03 Dec. Lin., aber der Durchmesser der ungestreckten Stange 4,47. Die Flächen verhalten sich also wie $3,03^2$ zu $4,47^2$. Wir bezeichnen die Wirkung der Verschiebbarkeit, d. h. den Betrag der Verschiebung, durch das Verhältniss des Unterschieds dieser Rissfläche und des ursprünglichen Querschnitts zur letztern; also in diesem Fall durch 0,541; $= (4,47^2 - 3,03^2) : 4,47^2$, wodurch wir anzeigen wollen, dass die Fläche 1 durch das Zerreißen um 0,541 vermindert wurde, so dass nur 0,459 von ihr übrig blieb. Diese Verminderung in dem Querschnitt ist gewiss kein reines Maass für die Verschiebung, sondern ein zusammengesetztes Resultat aus der Streckung (der Schiebung) und der Zusammenziehung des Querschnitts. Da aber gleichwohl die Verschiebbarkeit hauptsächlich zu dem Phänomen beizutragen scheint, so theilen wir nachfolgende Tabelle mit, in welcher alle Stangen sich aufgezeichnet finden, deren Bruchflächen noch ordentlich genug waren, um gemessen werden zu können. — Für die Stangen, deren Querschnitt, wegen der Ungleichheit, an mehreren Stellen gemessen werden musste, wurde dies Maass zum Grund der Berechnung in nachstehender Tafel genommen, welches dem zerreisenden Theil der Stange zugehörte.

Die Bruchfläche des Eisens hat selten eine ordentliche Beschaffenheit, daher rührt die grosse Unsicherheit in Bestimmung der Grösse derselben. Gleichwohl glauben wir Grund zu der Vermuthung zu haben, dass die grössern Ungleichheiten, welche durch diese Messungen angegeben werden, auf eine wirkliche Ungleichheit in der Eisenart, aus der die Stangen bestehen, hindeuten.

T a f e l

über die Verschiebung, aus dem Verhältniss des Unterschieds der ursprünglichen und der Rissfläche zu jener berechnet.

Schwedisches Eisen.								Englisches beste Sorte und Ankertaeisen.	
Ungegärbt.				Gegärbt.					
Gewalzt.		Geschmiedet.		Gewalzt.		Geschmiedet.			
Nro.	Schiebung.	Nro.	Schiebung.	Nro.	Schiebung.	Nro.	Schiebung.	Nro.	Schiebung.
1	0,541	36	0,147	46	0,441	47	0,508	18	0,522
2	0,552	38	0,026	50	0,426	49	0,591	19	0,523
3	0,653	39	0,383			52	0,419	20	0,670
4	0,580	41	0,421			53	0,362	21	0,464
5	0,514	43	0,435			54	0,439	22	0,478
7	0,667	66	0,491			55	0,582	23	0,450
8	0,605					56	0,530	24	0,516
9	0,665					58	0,675	25	0,522
10	0,722					59	0,396	32	0,500
11	0,719					60a	0,519	33	0,476
12	0,639					60b	0,558	34	0,443
13	0,821					61	0,547	35	0,422
15	0,463					62	0,622		
27	0,646					64	0,553		
28	0,633					65	0,067		
29	0,372					67	0,515		
30	0,455					68	0,566		
31	0,594								
Mittel	0,603		0,317		0,433		0,497		0,499

Die Beobachtungen, auf welchen diese Tabelle beruht, bringen also folgende Ordnung der unten stehenden Eisenarten, in Beziehung auf Verschiebung, hervor:

- a) Ungegärbtes gewalztes schwedisches Stangeneisen.
- b) Englisches, von der besten Sorte und Ankertaeisen.

c) Gegärktes geschmiedetes schwedisches Eisen.

d) Gegärktes gewalztes ditto.

e) Ungegärktes geschmiedetes ditto.

Dieses Resultat stimmt im Ganzen mit dem im vorigen §. auf eine andere Art erhaltenen überein, ausgenommen, was das schwedische gegärkte Eisen betrifft.

§. 70. Die Untersuchung über den ungleichen Grad der Schmiedbarkeit und die Anwendung zu verschiedenem Behuf in der Schwarz- und Fein-Schmiede, welchen die verschiedenem Eisensorten haben, hat Herr ROTHOFF in Eskilstuna theils selbst bewerkstelligt, theils durch den dasigen Fabrikanten HELJESTRAND bewerkstelligen lassen. Zu diesem Zwecke wurden ellenlange Stücke von den Stangen Nro. 2, 11, 18, 20, 49, 50. ausgenommen. Bei der damit angestellten Probeschmiedung fand der Fabrikant HELJESTRAND folgendes Verhalten *):

Nr. 2. Dicht und hart beim Schmieden, stark beim Abbrechen, nimmt Härte an beim Rothglühen. (Dichtheit erste Klasse.)

Nr. 11. Dicht und weich beim Schmieden, zäh beim Abbrechen, nimmt gar keine Härte im Wasser an. (Dichtheit erste Klasse.)

Nr. 18. Undicht und weich beim Schmieden, kurz beim Abbrechen, nimmt gar keine Härte im Wasser an. (Dichtheit erste Klasse. Englisch.)

Nr. 20. Dicht und äusserst weich im Schmieden, kurz beim Abbrechen, nimmt gar keine Härte im Wasser an. (Dichtheit erste Klasse. Englisch.)

Nr. 49. Etwas undicht, aber hart beim Schmieden, stark und zäh beim Abbrechen, nimmt etwas mehr Härte an durch das Härten im Wasser. (Dichtheit erste Klasse.)

Nr. 50. Hart und vollkommen dicht beim Schmieden, stark beim Abbrechen, nimmt Härte an, wie Nro. 2., beim Feilen zeigt dieses Eisen die meiste Reinheit.

Herr ROTHOFF hat Stücke von denselben Stangen, mittelst Ziehung von Schrauben in der Länge von 4 bis 6 Zoll, Ausschmieden von Nietnägeln (zu $\frac{1}{4}$ Zoll Dicke) und Augen zu Scheeren, und Ausspitzung von Spindeln und Härtung untersucht. Er fand:

*) Ich habe die Klassen der Dichtheit aus §. 64. beigesetzt.

- Nr. 2. Gut im Schmieden, hart und schwer beim Schrauben-Winden, hart und mürb beim Nieten, die gespitzte Spindel nahm Härte an, blieb hart und mürb.
- Nr. 11. Gut im Schmieden, weich beim Winden, weich und zäh beim Nieten, nahm keine Härte an, sondern blieb weich und zäh.
- Nr. 18. Gut im Schmieden, weich beim Winden, zäh beim Nieten, nahm einige Härte an, etwas härter als Nr. 11, nicht so hart als Nro. 2.
- Nr. 20. Gut im Schmieden, weich beim Winden, zäh beim Nieten, nahm einige Härte an, etwas härter als Nro. 11, aber nicht so hart als Nro. 2.
- Nr. 49. Gut im Schmieden, gut aber etwas hart beim Winden, fest beim Nieten, nahm keine Härte an, sondern blieb zäh, und biegsam.
- Nr. 50. Gut im Schmieden, hart im Winden, fest beim Nieten, nahm Härte an, blieb hart und mürb.

Betrachten wir nun diese Versuche zuerst in Hinsicht auf des Eisens innere Dichtheit, so ergibt sich, dass die Nr. 2, 11, 20, beides beim Zerreißen und Schmieden dicht waren. Aber die drei andern Stangen haben beim Schmieden bei den Proben ungleiches Verhalten gezeigt, so dass Nr. 18. und Nr. 49. dicht beim Zerreißen und undicht beim Schmieden waren, wogegen Nr. 50. vollkommen dicht beim Schmieden war, obgleich beim Zerreißen sich eine Schwellung vom Gärben in der Rissfläche geöffnet hatte. Dieser Widerspruch zwischen den Resultaten beider Prüfungsarten *) giebt bei den gegärbten Stangen, in Hinsicht auf ihre innere Dichtheit, eine Ungleichheit zu erkennen, wovon die ungegärbten Stangen befreit sind. Unter den Scheeren-Augen, welche Herr ROTHOFF schmieden liess, fanden sich blos die von Nr. 2, 11, und 50. vollkommen dicht. Nr. 20, welche HELJESTRAND dicht beim Schmieden fand, lieferte gleichwohl ein Scheeren-Auge, welches nicht vollkommen dicht an der Oberfläche war, sondern kleine Oeffnungen nach den Gärbungsfugen zeigte **); Nr. 49.

*) Die verschiedene Temperatur beim Schmieden und Zerreißen kann hier, wie oben, in Betracht kommen. D. Uebers.

**) Gleichwohl wissen wir mit Bestimmtheit, und haben es mit eigenen Augen gesehen, dass man aus englischem Eisen Scheeren, Federn zu Schlössern u. s. w. schmieden kann, ohne dass ein bedeutender Ausschuss bei der Arbeit vorkommt. Die Anwendung des hohen Wärmegrads, welchen die Steinkohlen geben, samt der grossen Fertigkeit der Schmiede im Gebrauch des Hammers, dürften diesen Umstand erklären; denn das Zeug kann fertig werden, ehe das Eisen aufhört zu glühen. Die Fertigkeit dürfte auch in etwas darauf beruhen, dass die englischen Schmiede sich das ganze Jahr hindurch mit einerlei Schmiede-Art, welches bei den schwedischen Kleinschmieden im Allgemeinen

gab ein dergleichen zusammenhängendes, aber undichtes, und Nr. 18. ein rissiges. Bemerkenswerth ist, dass Nr. 50, ein gegärbtes, beim Feilen die reinste Oberfläche gab, woraus erhellet, dass das Eisen beim Gärben dicht bleiben kann.

Den hohen Grad von Schmiedbarkeit und innerer Dichtigkeit, welchen Herr ROTHOFF (s. §. 14.) beim ungegärbten gewalzten schwedischen Eisen fand, haben wir im Verlauf dieser Versuche Gelegenheit gehabt zu erfahren; gleichwie auch die Tabellen zu §. 64, 68, 69. dieser Eisenart den höchsten Grad von Verschiebbarkeit und Dichtigkeit (Freiheit von Blättern) beilegen. Geschickte schwedische Kleinschmiede haben dasselbe gefunden; und da Schmiedbarkeit die Verschiebbarkeit voraussetzen muss, auch Schmiedbarkeit und Dichtigkeit vereinigt sich durch die Möglichkeit — das Eisen zu einer feinen Spitze oder einem dünnem Blatt ohne Fehl auszuschieden — zu erkennen geben, so bestätigt auch die Erfahrung dieser Kleinschmiede das, was wir oben gefunden haben.

§. 71. Die Verschiebbarkeit scheint, wie die Spannkraft, ihr Maass (Modulus, Qualität, Intensität) und ihre Gränze (Quantität) zu haben.

Das Maass liesse sich durch die Kraft bestimmen, welche erfordert wird, um 2 gleichdicken Stangen einerlei Streckung für die Längeneinheit zu geben. Vergleichen wir die Stangen Nr. 2. und 11, so zeigt sich, dass die erste an der Fussableitung, welche der zerrissenen Stelle am nächsten war, bei 32 Schiff ŧ um 10,3 sich streckte; wogegen die letztgenannte sich bei 21 Schiff ŧ um 9,1 Linien im zerrissenen Fuss streckte; den geringen Unterschied in den Querflächen der Stangen kann man dabei übersehen. Zieht man die Kraft ab, welche diese Stangen blos zur Ueberwindung der Spannkraft erforderten, nämlich 12,2 und 9,8 Schiff ŧ , nach §. 60; so zeigt sich, dass beinahe 20 Schiff ŧ erfordert wurden um die Eisensorte um $\frac{1}{10}$ zu strecken, da hingegen die andere fast eben so stark sich bei nicht ganz 11 Schiff ŧ streckte. Die erstere dieser Stangen war, nach dem allgemeinen Sprachgebrauch, hart und fest, die andere weich und nachgiebig; beide waren zäh. Wir halten dafür, dass Härte und Weichheit

nicht der Fall sein kann, beschäftigen. Diesen wird es daher schwer, mit dem englischen Eisen zu handthieren; aber wir haben sie doch, nach einigen missglückten Versuchen, fehlerfreie Arbeit daraus machen sehen. Dazu wird gleichwohl erfordert, dass man bei hinlänglicher Wärme schmiede, und zwar mit dem leichten Hammer, oft auch aufs Neue aufschweisse. Dieser Umstand zeigt hinlänglich, dass das schwedische Eisen einen höhern Grad innerer Dichtigkeit hat, als das englische; eine Bemerkung, welche überdiess durch die merkwürdige Eigenschaft dieses Eisens, der Länge nach sich spalten zu lassen, bekräftigt wird (s. II. Theil, Nro. 12. Nro. 19.), welches wir vergebens mit dem schwedischen Eisen zu bewerkstelligen suchten.

bei einem sonst vollkommen dichten und zähen Eisen in naher Verbindung mit den ungleichen Graden des Maasses für die Verschiebbarkeit stehen; desswegen dürfte die Verschiebbarkeit der Stangen Nr. 2. und Nr. 11, in Hinsicht auf das Maass, im Verhältniss von 20:11 gesetzt werden, in so fern $\frac{1}{10}$ Verlängerung als Vergleichungspunkt angenommen werden darf.

Die Grenze der Verschiebbarkeit giebt sich durch die Verlängerung einer Eisenstange, oder durch die Verminderung des Querschnitts, beides beim Zerreißen zu erkennen. Wir wollen die erste Art der Grenzbestimmung nehmen, weil sie einer genauern Messung unterworfen werden kann, und setzen daher $\triangle$ die Anzahl der Linien, um die sich ein Fuss beim Zerreißen streckt; für Nr. 2. ist also $\triangle$ gleich 10,3, und für Nr. 11. gleich 24,0.

Ob und wie eine Verbindung möglicher Weise zwischen diesen Arten der Verschiebungsausserung statt findet, kann hier nicht untersucht werden; aber wir sind hiermit auf die Bemerkung gekommen, dass die Härte oder Weichheit des Eisens ein ungleiches Maass der Verschiebung zu erkennen giebt, und wollen nur zusehen, in wie weit die in Eskilstuna angestellten Schmiedbarkeitsversuche das oben gefundene Resultat bekräftigen.

Diese Versuche legen unstreitig an den Tag, dass die Stange Nr. 11. die weichste von allen war, und zunächst Nr. 50. und Nr. 2. die härtesten. In dieser Hinsicht zeigen die Streckungsversuche, dass Nr. 18. härter war als Nr. 50, fast weniger hart als Nr. 2. Zwischen Nr. 49. und 50. findet zwar auch Ungleichheit statt; vergleicht man aber Nr. 18. und 20. mit einander, so ist die Uebereinstimmung klar, und was Nr. 49. und 50. betrifft, so erhalten wir späterhin Gelegenheit zu zeigen, dass Nr. 50. 2,33 Schiff $\text{\textasciitilde}$ Belastung auf eine Quadrat-Decimal-Linie erforderte, ehe sie an der weichsten Stelle brach, und dass sie ohne bleibende Verlängerung 0,873 Schiff $\text{\textasciitilde}$ trug. Dagegen brach Nr. 49. bei 2,07, und trug nur 0,792, ohne permanente Streckung. Dehnt man diese Vergleichung auf alle die Stangen aus, welche einer Schmiedungsprobe unterworfen worden, so zeigt nachstehende Tafel *) eine befriedigende Uebereinstimmung, denn nach Herrn

*) Wie die Werthe für die absolute Stärke erhalten wurden, ergibt sich späterhin; eben so wie die in §. 60. enthaltenen Werthe der Elasticitäts-Grenze berichtigt wurden. Wir haben geglaubt sie hier mittheilen zu müssen, wegen des Zusammenhangs zwischen den Versuchen in Eskilstuna und hier in Stockholm (das erste findet sich in §. 77, das letztere im folgenden §.)

ROTHOFFS und HELJESTRAND'S Versuchen hatte die Weichheit und Härte folgende Ordnung gehalten.

Das weichste Nr. 11, 20, 13, 49; (2 und 50) die härtesten.

T a f e l
über Elasticitätsgrenze und absolute Stärke.

Nro.	Absolute Stärke.	Elasticitäts- grenze, A.	Eisenarten.
11	1,39	0,596	Schwed. ungegärbt gewalzt.
30	1,72	0,613	Engl. Cablebolt.
18	2,00	0,643	„ „
49	2,07	0,792	Schwed. gegärbt geschmiedet.
2	2,10	0,797	„ ungegärbt gewalzt.
50	2,33	0,873	„ gegärbt gewalzt.

Die Härte beim Schmieden scheint also genau der absoluten Stärke und der Spannkraftsgrenze zu folgen. Dass aber diese hinwiederum in Verbindung stehen mit der Verschiebbarkeit, zeigt sich weiterhin. — Inzwischen scheint hier eine Andeutung zu seyn, dass die Härte nicht allein auf der Verschiebbarkeit beruht, sondern vielleicht zugleich auf der Cohäsion; denn die absolute Stärke scheint inniger der Härte zu folgen, als die Verschiebbarkeit *); der letztern Verhalten zur Spannkraft wollen wir nun untersuchen.

§. 72. Steht die Verschiebbarkeit in einigem Zusammenhang mit der Spannkraft? ist eine Frage, auf die wir nun unsere Aufmerksamkeit richten wollen.

In Beziehung auf das Elasticitätsmaass zeigen die Versuche einen geringen Unterschied, wogegen die Verschiebbarkeit bedeutend variirt. Die ausgezeichnetsten Unterschiede finden sich in nachstehender Tabelle.

*) Man vergleiche die verschiedene Streckung dieser Stangen bei 21 und 28 Schiffst., und beim Zerreißen, im II. Theil.

T a f e l

zur Vergleichung des Spannkraftsmaasses und der Verschiebbarkeit.

Nro.	$\frac{a}{c}$ Wahrscheinlichster Werth.	Δ nach §. 71.	Nro.	$\frac{a}{c}$ Wahrscheinlichster Werth.	Δ nach §. 71.
3	1015	25,1	2	1100	10,3
4	1035	23,8	41	1107	4,0
7	1080	22,1	42	1080	5,2
8	1090	27,1	43	1030	4,2
			47	1010	5,6
9	1050	26,4	48	1030	8,2
11	1050	24,0	52	1000	6,0
12	1080	25,3	53	1000	6,8
13	1100	26,8	54	1020	8,5
15	1080	26,0			
31	1130	23,8	55	1000	8,1

Hiernach scheint kein Zusammenhang zwischen der Verschiebbarkeit und dem Elasticitätsmaass statt zu haben, ausser dem, dass die Verschiebbarkeit stark abnimmt bei nur geringer Verminderung des Elasticitätsmaasses. Diess scheint aber unzulässig, und von der Unsicherheit bei der Bestimmung des Spannkrafts-Coefficienten herzurühren; denn wenn man als das Mittel des Elasticitätsmaasses für Nr. 2. 1147 annimmt, so zerfällt der ganze Unterschied.

Anders scheint es sich zu verhalten mit der Elasticitätsgrenze. Um zu diesem Zwecke die Tabelle über die im §. 60. gegebenen, aus den Biegungs- und Dehnungsversuchen erhaltenen, ungleichen Werthe dieser Grösse, benützen zu können, müssen die wahrscheinlichsten Werthe der Grössen C und A gefunden werden. Zu dem Ende haben wir für die Stangen, deren Biegungsversuche unsicher sind, als Nr. 9, 10, 26, 41, 42, 45, 49, 50, 51 a, eine Ausgleichung in den Werthen von C und A nach dem Resultat der Dehnungs-

versuche berechnet, da das letztere keiner Unsicherheit unterworfen ist. Bei der Stange Nr. 20, wo der Biegungsversuch höchst unsichere Elemente liefert, haben wir C und A aus den Drehungsversuchen berechnet, welche unbestreitbare und klare Elemente liefern, um so mehr, da diese Stange keinen Dehnungsversuchen unterworfen wurde. Die Stange Nr. 18. wurde nach dem Drehungsversuch berechnet, und das Mittel aus dem daraus und den Biegungs- und Dehnungsversuchen erhaltenen Resultaten genommen. Der Drehungsversuch giebt unbestreitbare Elemente. Einige Nummern haben wir wegen bedeutender Verschiedenheit in dem Resultat der Biegungs- und Dehnungsversuche ausgeschlossen.

Man könnte wohl erwarten, diese Vergleichung zwischen der Elasticitätsgrenze und Verschiebbarkeit hier auf alle die Stangen ausgedehnt zu sehen, bei welchen die Versuche hinreichende Elemente für die Berechnung lieferten. Da wir hier alle die Stangen mittheilen, deren Elasticitätsgrenze, aus Dehnung und Drehung oder Biegung untersucht, als zuverlässig bestimmt angesehen werden kann; so hoffen wir doch die sprechendsten Resultate der Versuche beigebracht zu haben *).

In folgender Tafel enthält die 2te Colonne die Art, wie die Elasticitätsgrenze bestimmt wurde, und das Verhältniss, in welchem das Resultat der Biegungsversuche nach den Drehungsversuchen berichtigt wurde. Das † am Ende deutet an, dass die Stange ausserhalb der Gradirung zerriss, so dass eigentlich nicht die Streckung beim Zerreißen gefunden wurde, sondern eine derselben sich mehr oder weniger nähernde.

*) Die Angaben über die Elasticitätsgrenze haben bei den Biegungsversuchen nicht für alle Stangen den zu diesem Zwecke erforderlichen Grad der Zuverlässigkeit, denn viele wurden sogleich mit so grossen Gewichten belastet, dass die Elasticitätsgrenze überschritten war; andere wurden mit Unterschied von 3 $\mathbb{H}$ belastet (s. II. Theil). Der Biegungs-Calcul berechnet eigentlich C für die Mitte der Stange.

T a f e l

zur Vergleichung der Spannkraftsgrenze und der Verschiebbarkeit.

Nro.	Wahrscheinlichster Werth der Elasticitäts - Grenze.			Grenze der Dehnung nach §. 71. Δ beobachtet.
	Biegung = B . Dehnung = T .	C .	A .	
1	B und T	0,000657	0,641	18,6
2	B und T	739	797	10,3 †
4	B und T	589	610	23,8
9	10,9:10	580	592	26,4
10	9,5:10,45	605	636	22,5
11	B und T	583	596	24,0
17 a	B etwas zu hoch	587	697	17,2 †
18	8,3:9,34	643	643 *)	14,7
19	B und T	822	685	17,7
20	Drehung	577	613	20,0
26	14:12	666	709	18,1 †
31	B und T	619	693	23,8
34	B und T	734	768	16,5
41	13,44:12,41	739	816	4,0
42	13,61:12,56	800	865	5,2
43	B zu nieder	754	779	4,2
45	13,82:12,09	690	703	9,5
46	B und T	785	872	20,4
47	B und T	807	803	5,6
49	15,63:14,63	868	792	14,0
50	17,4:15,66	840	873	18,9
51 a	15,37:14,60	779	813	16,9 †
52	B und T	842	850	6,0
53	B und T	883	919	6,8

*) Aus dem Drehungsversuche, welcher deutlich die Spannkraftsgrenze bei 20 $\mathfrak{H}$ Belastung angiebt, und sofort den Drehungsbogen 17,8 ergibt sich, $C = 0,000687$ und demnach, wenn man, gemäss §. 59, $\frac{a}{c}$ gleich 1000 setzt, $A = 0,687$.

§. 73. Beim ersten Blick auf diese Zusammenstellung ergibt sich, dass höhere Spannkraftswerthe niedrigeren Verschiebungen entgegenstehen, und umgekehrt. Um die möglicher Weise vorhandene Verbindung zwischen diesen Eigenschaften auszufinden, müssen wir zuerst die Versuche von Nr. 2, 17, 26, 51, bei welchen die Verschiebungsgrösse nicht genau bestimmt werden konnte, ausschliessen. Sodann können wir solche Stangen, welche durch bedeutend verschiedene Streckungen in den einzelnen Fuss-Abtheilungen eine Ungleichheit zeigten, (da diese gerade möglicher Weise an dem zerrissenen Fuss statt finden konnte) nicht als dienlich für diesen Zweck ansehen, denn dadurch ward das Maass der Verschiebbarkeit unsicher; wir verwerfen daher Nr. 42. u. a. Unter den übrigen wählen wir diejenigen aus, welche die grösste und kleinste Verschiebbarkeit zeigten. Man findet sodann, dass $C\sqrt{\Delta}$ beinahe constant ist, wenn man das Mittel aus den Versuchen nimmt, wo C denselben Werth hat.

T a f e l
über ein Gesetz zwischen Spannkraft und Verschiebbarkeit.

Nro.	C	Δ	$C\sqrt{\Delta}$	
4	0,000589	23,8	0,00287	} 0,00283
9	580	26,4	298	
10	605	22,3	287	
11	583	24,0	286	
20	577	20,0	258	} 285
50	840	18,9	365	
52	842	6,0	206	} 275
49	868	14,0	325	
53	883	6,8	230	

Der Zusammenhang scheint also zwischen der grössten Dehnung C und der grössten Streckung Δ zu seyn, dass $C\sqrt{\Delta}$ für die hier untersuchten Stangeneisensorten constant ist. Wir wollen diese Gleichung auf einige von den Stangen anwenden, welche hier nicht berechnet sich finden, und demnach zu der Bestimmung der in Frage stehenden Constante nichts beigetragen haben.

Nr. 55. ist eine solche Stange; sie zeichnet sich aus durch die Sicherheit der durch Biegung gefundenen Spannkraftsgrenze, durch ihre Gleichheit und durch genaue Bestimmbarkeit ihres Querschnitts, denn sein Minimum war quadratisch in der 2ten Elle, d. h. in der Mitte der Stange, wo die grösste Biegung ist, also die Spannkraftsgrenze sich zuerst offenbart. Es ist nun nach obigem Gesetz $\sqrt{\Delta} = 0,00281 : C$, also, gemäss der Gleichung (12) im §. 41., für C ; $\sqrt{\Delta} = 0,00281 \cdot \frac{2}{3} l^2 : s.f$. Berechnet man nach den Elementen des II. Theils, so findet man $\Delta = 7,99$, der Versuch giebt 8,10. Berechnet man dagegen $C\sqrt{\Delta}$ direkt aus den Versuchen mit Nr. 55, so findet man 0,00283. Da dieser Werth genau mit dem Mittel, aus den Versuchen Nr. 4, 9, 10, 11 und 20 gegeben, übereinstimmt, so glauben wir dasselbe annehmen zu müssen *). Die Stange Nr. 55. giebt C gleich 0,000994. Die Zuverlässigkeit dieser Gleichung scheint demnach zwischen dem Aeussersten der Weichheit und Härte des Eisens, welche die Versuche zeigen, erwiesen zu seyn, nämlich zwischen 0,000580 und 0,000994 für C , und 26,4 bis 8,1 für Δ . Hieraus folgt für runde Stangen $\sqrt{\Delta} = 0,000283 l^2 : 3 R.f$; für quadratische $= 0,000283 \cdot \frac{2}{3} l^2 : s.f$; oder im Allgemeinen, wenn s den Durchmesser oder die Seite vorstellt, $\sqrt{\Delta} = 0,000283 \cdot \frac{2}{3} l^2 : s.f$; eine Gleichung, welche die Verschiebbarkeit des Eisens aus denselben Angaben bestimmt, welche aus den zur Bestimmung der Spannkraftsgrenze angestellten Biegungsversuchen hergeleitet werden. Ist Δ grösser als 20, so kann man das Eisen weich nennen; ist das Verschiebbarkeitsmaas unter 10, so kann man es sicher als hart ansehen. Doch wird zur Gewissheit hiebei erfordert, dass das Eisen gleich sey.

Die Cohäsion.

§. 74. Wir haben schon im §. 13. S. 24. gefunden, dass die absolute Stärke auf der Verschiebbarkeit beruht. In so fern die Cohäsion eine von der Verschiebbarkeit unterschiedene Eigenschaft ist **), so kann also die absolute Stärke kein reiner Ausdruck für die Cohäsion seyn. Dagegen scheint die Zu-

*) Die Versuche Nr. 34. und 46. geben jene Constante 0,00294 und 0,00354. Die bedeutende Abweichung des letztern Werths können wir nicht erklären.

**) Wie wesentlich die Verschiebbarkeit von der Cohäsion getrennt ist, kann man unter andern aus COULOMBS merkwürdigen Versuchen finden. Er magnetisirte einen 6 Zoll langen Eisendrath, und fand, als er ihn an einem Seidenfaden horizontal aufhing, dass er eine Schwingung in 18 Sekunden

sammenhaltigkeit (Zusammenhaltungsvermögen), welche das Eisen zeigt, nachdem alle Verschiebbarkeit aus demselben entleert worden ist, die Cohäsion des Eisens auszudrücken *). Wir erinnern an die Vermuthung, die §. 11. S. 21. aufgestellt wurde, dass die zusammenhaltende Kraft der Fibern im Augenblick des Zerreißens gleich gross ist, bei hartem wie bei weichem Eisen. Diess führt uns zur Untersuchung des Gewichts, das erforderlich ist, um die Einheit der Fläche, berechnet aus der Rissfläche jeder Stange, zu zerreißen. Dass gleichwohl dieser kleinste Querschnitt eben so wenig blos und einzig die Cohäsion des Eisens ausdrücke, sondern dass die Grösse dieser Fläche auch von dem Daseyn zusammenziehender Seitenkräfte abhängt, haben wir in §. 69. angemerkt. Das Daseyn dieser Seitenkräfte giebt sich deutlich zu erkennen, wenn man ein langsam vor sich gehendes Zerreißen betrachtet. Als die Eisenstange Nr. 28. bei dem Zerreißungsversuch in der Presse mit 29 Schiffpfd gespannt war, und dieselbe trug, wurde sie mit 30 Schiffpfd gespannt. Bei dieser Kraft fing die Stange an zusammengekneipt zu werden, wie Taf. VII. Fig. 3. zeigt; aber weil man das Ventil an der Presse sogleich öffnete, dass die Spannung aufhörte, brach die Stange nicht ab, sondern behielt ihren Zusammenhang, wie die Figur ausweist **). Nun wurde die Spannung um 2 Schiffpfd vermindert. Gleichwohl konnte jetzt die Stange den 28 Schiffpfd nicht widerstehen, ohne dass das Zusammenkneipen fortfuhr. Daraus folgt nun deutlich, dass die Rissfläche selbst kleiner ist, als der Querschnitt, den die zerreißende Stelle dann hat, wenn die Spannung sich dem Maximum nähert, und dass die Seitenschiebung anfängt, wenn die Längenschiebung aufhört ***). Dass aber diese Seitenschiebung zu ihrer vollen Entwicklung Zeit bedarf, ist deutlich; eben so dass die dazu

machte. Derselbe Eisendrath, gedreht so stark als möglich, ohne zu reißen, und magnetisirt wie vorher bis zur Sättigung, machte eine Schwingung in 6 Sek. Demnach war des gedrehten, aller Verschiebbarkeit beraubten Eisendraths magnetisches Moment 9mal stärker als des ungedrehten, verschiebbaren Eisendraths, obgleich die Cohäsion dieselbe war. COULOMB a. a. O. p. 266.

*) Dass man in der Erfahrung sich diesem Zustand der Abwesenheit der Verschiebbarkeit nur innerhalb gewisser Grenzen nähern könne, wenn man nicht auf das rein isolirte Atom zurückkommt, ist unbedenklich anzunehmen, da im obigen auch der Ausdruck „scheint,“ angenommen worden. Man sehe die Erscheinungen, wie sich Verschiebbarkeit äussert, zu Anfang des §. 68. D. Uebers.

**) Die Figur ist für eine runde Stange gezeichnet, aber Nr. 28. war quadratisch.

***) Oder einzelne, oder alle Fibern zerreißen, dann bilden durch Adhäsion die nahe gelegenen Fibern wieder neue, begreiflich viel schwächere. Das Mikroskop hat nichts gelehrt über den Hergang, denn die beobachteten Theilstriche bei den Dehnungsversuchen scheinen keine Veränderung erlitten zu haben. D. Uebers.

erforderliche Zeit auf der Grösse der Spannung beruht, um welche die zerreisende Kraft die wirkliche Grösse der Cohäsion übertrifft. Wenn demnach 2 Eisenstangen gleiche Verschiebbarkeit und Cohäsion haben, aber ungleichen zerreisenden Kräften ausgesetzt werden, z. B. $30\frac{1}{4}$ oder $30\frac{3}{4}$ Schiff $\text{\textasciitilde{t}}$, so werden die Versuche doch eine ungleiche Bruchfläche zeigen, obgleich die Stangen von einerlei Eisengattung sind, und beide dasselbe Gewicht, nämlich 30 Schiff $\text{\textasciitilde{t}}$, gerade vor dem Zerreißen getragen haben *). Darin finden wir eine Quelle von Irrthum in den Folgerungen, welche die Versuche möglicher Weise geben. Eine andere haben wir schon angegeben, nämlich die unordentliche Gestalt der Bruchfläche, die bei mehreren Stangen unmöglich zu messen ist.

Die Aufzeichnungen des II. Theils zeigen, dass der Durchmesser der Bruchfläche bei der Stange Nr. 1. 3,03 Dec. Lin. war. Sie zerriss bei 26 Schiff $\text{\textasciitilde{t}}$; nun ist $\frac{1}{4}\pi(3,03)^2:1 = 26:3,61$, also folgt, dass jede Quadrat-Decimallinie in dem zerrissenen Querschnitt — insofern man annehmen kann, dass sie durchaus aus Eisen von derselben Gattung bestehet — von 3,61 Schiff $\text{\textasciitilde{t}}$ zerrissen wird **), Die Cohäsion dieses Eisens war also geringer als diess Gewicht, aber grösser als 3,47 Schiff $\text{\textasciitilde{t}}$, denn diess entspricht (für eine Quadrat-Decimallinie) der Spannung von 25 Schiff $\text{\textasciitilde{t}}$ welche die ganze Stange trug. (Diess auch unter Voraussetzung durchgängiger Gleichartigkeit der Stange. D. Uebers.)

Auf diese Weise ist nachstehende Tabelle berechnet. Wir haben Stangen von allen Arten gewählt, aber in Weichheit und Härte blos die äussersten, auch nur solche, deren Bruchfläche genau bestimmt werden konnte ***).

*) Auch ungefähr gleiche Zeit für die Wirkung gerechnet.

D. Uebers.

**) Daraus folgt also auch — nur dann, wenn die oben dargelegte Seitenschiebung in gehörigem Verhältniss bleibt — dass eine wirkliche Eisenstange, von 10 Quadrat-Decimallinien Durchschnitt, von 36,1 Schiff $\text{\textasciitilde{t}}$ zerrissen wird.

D. Uebers.

***) Wenn zwei Beobachter beinahe dasselbe Resultat erhielten, so hielten wir die Bruchfläche für diesen Zweck hinlänglich genau bestimmt. (Ich habe die absolute Stärke, aus nachfolgender Tafel in §. 77. beigefügt. In der Anführung bei der Stange 38. muss die Angabe über die Stärke berichtigt werden. Die Rechnung aus den Datis des II. Theils giebt mir für die Stärke der Rissfläche 2,26. D. Uebers.)

T a f e l

über die Dehnungsgrösse beim Zerreißen und die Stärke der Rissfläche.

Nro.	Eisengattung.	Querschnitt.	Dehnungsgrösse beim Zerreißen. Δ	Stärke der Rissfläche.	Absolute Stärke.
1	Ungeärbt gewalzt	○	18,6	3,61	1,66
2	»	○	10,3	4,68	2,10
4	»	○	23,8	4,02	1,69
9	»	○	26,4	4,90	1,64
10	»	○	22,3	5,48	1,52
18	Englisch Ankertaueisen	○	14,7	4,19	2,00
20	»	○	20,0	3,29	1,72
36	Ungeärbt geschmiedet	○	3,2	2,56	2,19
38	»	○	4,4	1,90	1,95
49	Gegärbt geschmiedet	□	14,0	4,77	2,07
50	Gegärbt gewalzt	□	18,9	4,05	2,33
52	Gegärbt geschmiedet	□	6,0	3,69	2,14
53	»	□	6,8	3,67	2,34
54	»	□	8,5	4,98	2,93

Man kann aus dieser Zusammenstellung keinen deutlichen Zusammenhang zwischen der Verschiebbarkeit, oder den übrigen Eigenschaften des Eisens, und der Stärke der Bruchfläche finden. Der Querschnitt dieser Stangen scheint noch zu klein zu seyn, um einen sichern Ausschlag zu geben. Die geringe Stärke, welche die Stangen Nr. 36. und 38. geben, beruht wahrscheinlich darauf, dass diese Stangen aus einem rohen Zeug bestanden; ein Umstand, welcher das bei ihnen herrschende Missverhältniss zwischen Verschiebbarkeit, Spannkraft und Stärke zu bestätigen scheint. Das Eisen in diesen Stangen war

in einem Mittelzustand zwischen Roheisen und Stangeneisen *). Desswegen wurden diese Stangen wenig unter dem Zerreißen zusammengezogen, ohne eine entsprechende Festigkeit zu besitzen. Nimmt man diese Stangen von den übrigen heraus, als aus anderm Stoff bestehend, so bleibt das Mittel der Spannung, unter welcher eine Quadrat-Decimallinie der Bruchfläche zerriss, 4,28 Schiff ſf . (und das Mittel der absoluten Stärke für dieselben Stangen 2,04 Schiff ſf . D. Uebers.)

§. 75. Um zu entdecken, ob die Stärke der Bruchfläche in Verbindung mit der Verschiebbarkeit steht, wollen wir aus der Tabelle des § 69. die Verschiebung der weichen und harten Stangen nehmen, um die noch übrig gebliebene, das heisst die Rissfläche in ihrem Verhalten zur absoluten Stärke, zu vergleichen. Zu diesem Zwecke müssen nicht blos die äussersten angewendet werden, sondern aus diesen auch solche Stangen ausgewählt werden, welche am genauesten, in Hinsicht dieser Umstände, gleich waren. Um dabei eine grössere Anzahl zu erhalten, müssen daher alle die Stangen in die Klasse der weichen gesetzt werden, die für die Verschiebung als erste Decimalstelle 6 haben, und in die zweite Klasse der festen die mit 4. Nach diesem Grundsatz ist nachfolgende Tabelle aufgesetzt **).

*) Herr BROWN (s. BARLOW a. a. O. pag. 235) zerriss ein Stück Roheisen, $\frac{3}{4}$ Quadratzoll, mit 11,35 Tonnen. Es zerriss schnell, ohne Verminderung des Querschnitts und ohne Erhitzung an der zerrissenen Stelle. Eben so verhält sich Stahl, eben so Eisen, das in der zerrissenen Stelle nicht zusammengekneipt wird.

**) Ich habe aus den Datis der Tafel selbst die Stärke der Rissfläche berechnet und beigefügt; daraus ergäbe sich die mittlere Stärke für weiches und festes Eisen 4,318, etwas grösser als nach der Methode des Textes. D. Uebers.

T a b e l l e

zur Vergleichung der Verschiebbarkeit absoluter Stärke und Dehnungsgrösse.

Nro.	W e i c h.				Nro.	F e s t.			
	Verschiebung	S t ä r k e		Dehnung. Δ		Verschiebung	S t ä r k e		Dehnung. Δ
		der Rissfläche.	absolute.				der Rissfläche.	absolute.	
3	0,653	4,65	1,61	25,1	15	0,463	3,15	1,69	26,0
7	667	4,82	1,60	22,1	21	464	3,51	1,88	23,4
8	605	4,11	1,62	27,1	22	478	3,46	1,80	17,8
9	665	4,88	1,64	26,4	23	450	3,46	1,90	18,3
12	639	4,47	1,61	25,3	30	455	4,13	2,12	14,4
20	670	5,31	1,72	20,0	33	476	4,13	2,16	16,4
27	646	4,72	1,68	17,2	34	443	4,10	2,28	16,4
28	633	4,92	1,80	20,8	35	422	3,46	2,00	16,7
58	675	5,46	1,77	10,2	46	441	3,53	1,97	20,4
62	622	4,67	1,76	6,5	50	426	4,06	2,33	18,9
					52	419	3,69	2,14	6,0
					54	439	5,23	2,93	8,5
10	6,475	48,01	16,81	200,7	12	5,376	45,91	25,20	203,2
1	0,6475	4,801	1,681	20,07	1	0,448	3,825	2,10	16,93

Daraus folgt, dass die Rissfläche der weichen Stangen im Durchschnitt 1 — 0,6475, d. h. 0,3525, war, und der festen 0,552. Die erstern zerrissen also, auf die Einheit der Fläche reducirt, bei $\frac{1,681}{0,3525}$ gleich 4,77 Schiff $\text{\AA}$, und die letztern bei 3,80. Aber die Verlängerung der erstern war 20,07 und der letztern 16,93. Daraus folgt, dass die weichern eine stärkere Zusammenziehung — nachdem das Zusammenhaltungsvermögen der Stangen überwunden war — erlitten haben, wie das Verhalten der Stange Nr. 28. im §. 74. ausweist; daher hatte deutlich eine Seitenschiebung statt, welche den Ausdruck für die Cohäsion, den die Stärke der Bruchfläche sonst angeben würde, verwirrt.

Wir haben im vorhergehenden §. bemerkt, dass diese Seitenschiebung nicht allein auf der Verschiebbarkeit beruht, sondern auch auf dem Ueberschuss der

zerreissenden Kraft über die zusammenhaltende Kraft des Eisens. Also können die Werthe, welche das weiche und feste Eisen für die Cohäsion giebt, nicht anders von der Verschiebbarkeit befreit werden, als wenn man ein Mittel aus ihnen nimmt. Dadurch erhält man

4,285 Schiffß als die mittlere Stärke, welche im Augenblick des Zerreißens die Flächeneinheit der Rissfläche zu trennen vermag. — Wir erhielten dieselbe mittlere Stärke im vorhergehenden §., obgleich zum Theil aus andern Stangen, und können demnach annehmen, dass diese Zahl das Resultat der Versuche in dieser Hinsicht ist.

§. 76. Wir wollen nun diesen Ausdruck für die Cohäsion des Eisens mit den oben angeführten Versuchen vergleichen, und mit dem, was aus den Angaben anderer Schriftsteller in dieser Beziehung Erläuterndes sich findet.

Aus den in kleinern Dimensionen angestellten Versuchen zu Bofors (s. §. 4. S. 8. f.) hat sich ergeben, dass das härteste geschmeidige Eisen, welches beim Zerreißen wenig oder nicht zusammengezogen wurde, 51 Tonnen auf 1 Quadratzoll zum Zerreißen erfordert. Nehmen wir dies Eisen als frei von aller Verschiebbarkeit an, so ist die obengenannte Kraft gerade das Maass der Cohäsion. Aber 4,28 Schiffß auf eine Quadrat-Decimallinie, entsprechen 52,4 Tonnen; demnach sind diese Beobachtungen so genau übereinstimmend, als man erwarten kann. Sie beziehen sich natürlich auf Eisen von ganz verschiedenen Erzen, denn das im §. 74. und 75. erhaltene Resultat beruht auf dem Mitwirken des englischen Eisens; sie beziehen sich auch auf Eisen von ganz verschiedener Bereitungsart, denn die Versuche zu Bofors gelten bloß für geschmiedetes ungegärbtes Eisen, die letztern dagegen grösstentheils für gewalztes und gegärbtes Eisen. Aber darin ist das, diesen Versuchen unterworfenen Eisen von gleicher Beschaffenheit, dass es ein auf rechte Art gearbeitetes Stangeneisen war.

Die in London angestellten Versuche (§. 11. pag. 21.) geben das Resultat, dass die Stärke der Bruchfläche für gewalztes und geschmiedetes Eisen zwischen 42,2 und 51,8 Tonnen variirt, aber im Mittel auf 47,1 steigt. In wie fern die Bestimmung der Kraft bei der Maschine, mit welcher diese Versuche angestellt wurden, (s. §. 8.), ein volles Vertrauen verdiene, ist uns jedoch unbekannt.

Dieselbe Bemerkung gilt von den Versuchen, welche Herr BROWN mit der von ihm erfundenen Kettenprüfungsmaschine anstellte. Diese Versuche geben ein

geringeres Cohäsionsmaass, als oben gefunden worden *), nämlich 40 Tonnen, und variiren zwischen 34 und 48 **).

Die grosse Festigkeit von 55 Tonnen, welche Herr SOUFFLOT und RONDELET bei einem von ihnen zerrissenen Eisendrath fanden, scheint eine Abweichung nach der andern Seite. Dagegen stimmt v. SICKINGENS Versuch, aus welchem die Stärke des Eisendraths zu 50 Tonnen berechnet wird, genau mit der von uns gefundenen überein.

Herr DUFOUR fand, dass ein Eisendrath, der 106 Œ trug, nach dem Glühen nicht mehr als 46 Œ tragen konnte. Die Verschiebbarkeit konnte demnach die Cohäsion von 106 auf 46 verändern. Die Cohäsion in der Rissfläche fanden wir 4,28, und die absolute Stärke des weichen Eisens, nach dem vorhergehenden §., im Mittel 1,68. Nun ist $106:46 = 4,28:1,86$, sonach scheint die Wirkung der Verschiebbarkeit ziemlich gleich zu seyn; diese Eigenschaft möge bei der Bereitung ungestört beibehalten oder aufs Neue durch Glühen hervorgerufen werden ***).

In Folge des Bisherigen halten wir die Cohäsion für beinahe gleich gross bei hartem und weichem Eisen, diese Eigenschaft scheint demnach in genauem Zusammenhang, wie die Intensität der Spannkraft, mit den constitutiven Kräften der Materie zu stehen. Bedeutender Unterschied in der Cohäsion giebt demnach ungleiche Körper zu erkennen, aber nicht ungleichen Zustand eines und desselben Körpers ***).

*) S. BARLOW a. a. O. p. 232 ff. Herr BARLOW führt 7 Versuche an, welche BROWN anstellte, und wobei die Dimension der Bruchfläche gemessen wurde. Davon nimmt Herr BROWN selbst Nr. 6. aus, weil its complexion and texture seemed to be at variance with the general rules for judging of the quality of iron (weil die Verfassung und Gefüge dieses Eisens von den allgemeinen Regeln für die Beurtheilung des Eisens verändert abwichen), die übrigen 6 geben das oben angeführte Mittel.

**) BARLOW bemerkt gegen die Sicherheit der Kraftbestimmung in diesen Versuchen, dass BROWN's Maschine eine geringere Kraft, als die wirklich statt findende, angiebt, und hält für die Ursache, dass the inertia is immense (die Trägheit ungemessen ist) a. a. O. p. 236.

***) Daraus würde folgen, dass das harte Eisen durch Glühen eben so weich werden könnte, wie das weiche. Dass diess in aller Ausdehnung nicht wahr ist, kann man wohl finden; doch vermissen wir Versuche in dieser Hinsicht.

****) Wir haben hiemit nicht die Möglichkeit verschiedener Cohäsion bei verschiedenen Eisensorten läugnen wollen, aber diese Ungleichheit scheint auf ungleichen constituirenden Theilen (ungleichen Erzen) zu beruhen, welches auch das Eisendrathziehen an die Hand zu geben scheint. Gleichwohl dürfte der Einfluss des Gärbens hierbei einen Unterschied machen. (Im Allgemeinen betrachtet, dürfte eine abstrakte, durchaus gleiche Eisenstange, wenn von aussen keine Differenz eintritt, sich gar nicht zerreißen lassen, da keine Stelle vor der andern eine grössere Anlage zum Zerrißwerden hat.

D. Uebers.)

§. 77. Wir gehen nun zur Berechnung der sogenannten absoluten Stärke über, d. h. zur Bestimmung der Anzahl Schiff $\bar{b}$, die erfordert werden, um eine Quadrat-Decimallinie des ursprünglichen Querschnitts der Stange zu zerreißen.

Die Stange Nro. 1. wurde mit 26 Schiff $\bar{b}$ zerrissen, ihr ursprünglicher Querschnitt war 15,708 Quadrat-Decimallinien, demnach wurde eine Quadratlinie durch 1,66 Schiff $\bar{b}$ zerrissen. Diess Gewicht drückt also die absolute Stärke aus. — Bei den geschmiedeten Stangen, deren zerreißende Fläche nicht aufgezeichnet wurde, z. B. Nr. 26. und 37., ist beim Calcul der kleinste Durchmesser angewandt worden. Daraus folgt, dass die absolute Stärke solcher Stangen möglicher Weise zu hoch berechnet seyn kann, denn wir haben oft gefunden, dass die Stangen nicht an der kleinsten Stelle zerrissen, obgleich diess da nicht aufgezeichnet wurde *). — Die Stange Nr. 51 a. wurde zwar durch 35 Schiff $\bar{b}$ nicht zerrissen, sondern so verlängert, dass sie ohne Umstauchen nicht zerrissen werden konnte, worauf sie in der Stauchung barst. Wir haben dessen ungeachtet 36 Schiff $\bar{b}$ bei der Berechnung angenommen, in der Vermuthung, dass diese Spannung die Stange zu zerreißen im Stande gewesen, wenn die Presse von hinreichender Länge gewesen wäre. — Die Stange Nr. 6. wurde dem Zerreißen nicht ausgesetzt. — Die Stangen Nr. 14, 17, 26. barsten beim Umstauchen, wo sie zu diesem Zwecke aufgeglüht werden mussten. Man konnte hiebei nicht vermeiden, dass das Glühen sich etwas weiter in die Stange erstreckte, als die Stauchung, wodurch sie daselbst geschwächt wurden. Diese Stangen sind demnach ausgeschlossen. Die Stangen Nr. 37, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 57, 60 b, 61, und 68. sind dagegen ausgeschlossen, weil sie in Blätter zerrissen. Die Stange Nr. 54. hätte vielleicht auch ausgeschlossen werden sollen, in Hinsicht der Unwahrscheinlichkeit des Werthes 2,93 Schiff $\bar{b}$ für die absolute Stärke, welche der Calcul giebt, wenn man das Minimum des Querschnitts zum Grunde legt. Durch diese Ausschliessung aber wäre der entgegengesetzte Fehler eingetreten, dass man die (wahrscheinlich) stärkste Stange beim Votiren entfernt hätte. — Um den Zusammenhang zwischen der Verschiebbarkeit (der Ausdehnung beim Zerreißen) und absoluten Stärke zu übersehen, haben wir sie bei jeder Stange beigesetzt.

*) Bei der Stange Nr. 64. findet sich doch eine solche Aufzeichnung (s. II. Theil).

T a f e l
über Verschiebbarkeit und absolute Stärke.

S c h w e d i s c h.												Englische b e s t e A r t und T a u e i s e n.		
U n g e g ä r b t.						G e g ä r b t.								
G e w a l z t.			G e s c h m i e d e t.			G e w a l z t.			G e s c h m i e d e t.					
Nro.	Δ Dehnung.	absolute Stärke.	Nro.	Δ Dehnung.	absolute Stärke.	Nro.	Δ Dehnung.	absolute Stärke.	Nro.	Δ Dehnung.	absolute S ä r k e.	Nro.	Δ Deh- nung.	absolute Stärke.
1	18,6	1,66	36	3,2	2,19	46	20,4	1,97	47	5,6	1,93	18	14,7	2,00
2	10,3	2,10	38	4,4	1,95	50	18,9	2,33	48	8,2	19,8	19	17,7	1,71
3	25,1	1,61	39	4,8	1,79	51	17,0	2,01	49	14,0	2,07	20	20,0	1,72
4	23,8	1,69	63	8,5	1,83				52	6,0	2,14	21	23,4	1,88
5	20,0	1,93	66	5,2	2,15				53	6,8	2,34	22	17,8	1,80
7	22,1	1,60							54	8,5	2,93	23	18,3	1,90
8	27,1	1,62							55	8,1	2,08	24	15,4	1,76
9	26,4	1,64							56	8,7	2,02	25	21,9	1,85
10	22,3	1,52							58	10,2	1,77	32	17,1	1,96
11	24,0	1,39							59	9,2	2,09	33	16,4	2,16
12	25,3	1,61							60 _a	13,7	1,99	34	16,4	2,28
13	26,8	1,45							62	6,5	1,76	35	16,7	2,00
15	26,0	1,69							64	10,5	2,02			
27	17,2	1,68							65	4,3	2,37			
28	20,8	1,80							67	12,0	1,80			
29	23,5	2,07							69	5,7	1,71			
30	14,4	2,12												
31	23,8	1,80												
18	397,5	30,98	5	26,1	9,91	3	56,3	6,31	16	138,0	33,0			
1	22,1	1,72	1	5,2	1,98	1	18,8	2,10	1	8,6	2,06			

§. 78. Um zu untersuchen, in wie fern das Maass der Spannkraft $\frac{a}{c}$ einigen Zusammenhang mit der absoluten Stärke hat *), wollen wir zuerst

*) Es wäre vielleicht interessant, aber gewiss zeitraubend gewesen, wenn einige der Elasticitätsversuche in umgekehrter Ordnung angestellt worden wären: zuerst Drehung u. s. w. D. Uebers.

unter den ungegärteten gewalzten Stangen die stärksten Nr. 2, 29. und 30. auswählen, und die schwächsten Nr. 10, 11 und 13. Nachstehende Tabelle Nro. 1) giebt die Vergleichung; die Werthe von $\frac{a}{c}$ sind aus der Tabelle §. 59. entnommen. Wählen wir aus allen Stangen diejenige, deren Spannkraftsmaass mit der grössten Sicherheit bestimmt worden ist, d. h. so ziemlich gleich aus den mehreren Untersuchungsarten der Biegung, Drehung, Schwingung und Dehnung sich ergibt, nach der Tabelle im §. 58., so erhalten wir die Tabelle Nr. 2).

T a b e l l e

zur Vergleichung des absoluten Elasticitätsmaasses und der absoluten Stärke.

Weiches Eisen.			Festes Eisen.		
Nro.	$\frac{a}{c}$	absolute Stärke.	Nro.	$\frac{a}{c}$	absolute Stärke.
1)	10	1,52	2	1080	2,10
	11	1,39	29	1060	2,07
	13	1,45	30	1120	2,12
	Mittel	1,45		1086 $\frac{2}{3}$	2,10
2)	1	1,66	34	1050	2,28
	31	1,80	35	1030	2,00
	46	1,97	49	1060	2,07
	27	1,68	50	1110	2,33
	28	1,80	51	1090	2,01
	32	1,96	52	1010	2,14
	Mittel	1,81		1058	2,14

Da nun diese beiden Vergleichungen in ihren Resultaten einander aufheben, so scheint daraus zu folgen, dass kein merkbarer Zusammenhang zwischen dem Elasticitätsmaass und der absoluten Stärke statt hat.

Dagegen zeigt die Vergleichung mit der Tabelle des 60sten und 70sten §., dass die Spannkraftsgrenze für alle fünf hier vorkommende Eisenarten

dieselbe Ordnung befolgt, wie die absolute Stärke. Das gegärbte und gewalzte schwedische Stangeneisen ist das spannkraftigste und stärkste, so dass alle Eisenarten, nach diesen beiden Ansichten in Spannkraft und Stärke, auf nachfolgende Weise in der Tafel sich ordnen.

T a f e l
über Spannkraftsgrenze und absolute Stärke.

Eisenarten.	Spannkraftsgrenze A im Mittel.	Absolute Stärke im Mittel.
Schwedisch, gegärbt, gewalzt	0,899 Schiffŧ	2,10 Schiffŧ
„ „ geschmiedet	0,880	2,05
„ ungegärbt „	0,740	1,98
Englisch, beste Sorte und Taueisen	0,690	1,92
Schwedisch, ungegärbt, gewalzt.	0,656	1,72

Diess Verhalten scheint auf einen Zusammenhang zwischen diesen Eigenschaften des Eisens hinzudeuten. Wir wollen nun sehen, ob dieselbe Ordnung auch in jeder Eisenart sich findet, dabei haben wir aber blos von den gewalzten Sorten ein zuverlässiges Resultat zu erwarten. Diess zeigt sich aus nachstehender Tabelle.

T a f e l
über Spannkraftsgrenze und absolute Stärke.

Schwedisch, ungegärbt, gewalzt.					Englisch.				
Nro.	A.	Mittel.	absolute Stärke.	Mittel.	Nro.	A.	Mittel.	absolute Stärke.	Mittel.
10	0,578	} 0,587	1,52	} 1,45	19	0,685	} 0,649	1,71	} 1,71
11	0,596		1,39		20	0,613		1,72	
4	0,610	} 0,625	1,69	} 1,67	18	0,643	} 0,702	2,00	} 2,00
1	0,641		1,66		35	0,762		2,00	
31	0,693	} 0,742	1,80	} 1,95	34	0,768		2,28	
2	0,797		2,10						

Die Unordnung, welche Nr. 18. zu verbreiten scheint, darf die allgemeine, im ganzen herrschende Ordnung nicht stören. Man erinnere sich, was oben über die Bestimmung der Spannkraftsgrenze angeführt worden ist, und werfe den Blick auf die Tabelle §. 60, wo die Ungleichheiten in den Resultaten der Biegungs- und Dehnungsversuche in dieser Hinsicht sich sogleich zu erkennen geben. Daher kommt es, dass der Drehungsversuch in der Berechnung, in §. 51, $A = 0,687$ giebt, wenn man $\frac{a}{c} = 1000$ setzt.

In Folge dieser Vergleichung halten wir es für unbestreitbar, dass zwischen absoluter Stärke und der Spannkraftsgrenze Zusammenhang statt findet, und folglich *), dass durch die Umstände, unter deren Einwirkung auf das Eisen (als Hammern, Drathziehen, Härten) die Grenze der Spannkraft erweitert wird, auch die absolute Stärke vermehrt wird. Aus diesem Gesichtspunkt erklärt sich, nach unserer Meinung, auch die Beobachtung, dass das Walzen bei der Rothglühhitze ein stärkeres Eisen giebt, als bei der Schweisshitze, nach §. 12; denn beim Ausrecken im erstern Wärmegrad entsteht keine oder geringe Verschiebbarkeit, (siehe in §. 9. die Versuche Nr. 7, 8, 9 und 10, verglichen mit §. 8. Versuch Nr. 1, 2, 5 und 6), und die Verschiebbarkeit **) verhält sich umgekehrt wie das Quadrat der Spannkraftsgrenze, gemäss §. 73.

§. 79. Was im vorhergehenden §. über den Zusammenhang zwischen der Spannkraftsgrenze und der absoluten Stärke gesagt worden ist, gilt, in Kraft der Gleichung des §. 73. ***), auch von der Verschiebbarkeit. Als Folge hieraus lässt sich erklären, warum die hier vorkommenden ungegärbten gewalzten Stangen im Mittel schwächer sind, als die ungegärbten geschmiedeten (s. den vorigen §.); denn die Verschiebbarkeit wurde hier erhöht. Dass diese Verschwächung gleichwohl nicht dem Walzen, als solchem, zukommt, erscheint aus

*) Der Schluss gilt darum, weil der Zusammenhang so allgemein für die verschiedenen Eisenarten und Bereitungsarten nachgewiesen worden. D. Uebers.

**) Eigentlich mehr die Grenze, das Aeusserste, der Verschiebbarkeit, denn ihr Maass ist, nach §. 71., die Anzahl der Decimallinien, um welche sich eine Stange beim Zerreißen streckt. D. Uebers.

***) Wir können den Umstand nicht unbemerkt übergehen, dass die Stangen Nro. 34. und 46, von welchen die letztere im Widerstreit ist, mit dem im §. 73. aufgestellten Gesetze für das Verhalten der Verschiebbarkeit und Spannkraft (die Stange Nr. 34. giebt die Constante der Tafel in §. 73.: 0,00298, und Nr. 46.: 0,00354, d. Uebers.) einen nahen Zusammenhang zwischen der Verschiebbarkeit und absoluter Stärke aufstellen, denn ihre Verschiebbarkeiten verhalten sich beinahe umgekehrt wie die absolute Stärke. Denn 16,4:20,4 nahe wie 1,97:2,28. Gleichwohl scheint die Spannkraftsgrenze dieser Stangen keiner bedeutenden Ungewissheit unterworfen zu seyn.

dem Verhalten der Stangen Nr. 47, 48, 49, 52, 53, 54, welche aus demselben gegärbten Eisenstück geschmiedet sind, aus welchem Nr. 50. gewalzt ist. Das Mittel für die absolute Stärke dieser geschmiedeten Stangen (s. §. 77.) ist 2,23, etwas geringer als für die gewalzte, welches 2,33 war. Bei dieser Vergleichung ist überdiess zu merken, dass unter die geschmiedeten Stangen Nr. 54. mit eingeht, und mit der ungereimten Zahl 2,93 einwirkt; daraus folgt, dass das gewalzte Eisen bedeutend stärker ist. Dasselbe zeigt die Vergleichung zwischen der Stange Nr. 46, und den Stangen Nr. 55, 56, 57, 58, welche aus demselben gegärbten Eisenstücke geschmiedet sind. Die Mittelzahl für die absolute Stärke der letztern ist 1,94, also etwas geringer als (20,4) die Stärke von Nr. 46. Vergleichen wir endlich die Stange Nr. 51. mit den Stangen, die aus demselben gegärbten Eisenstück geschmiedet wurden, nämlich mit Nr. 59, 60, 61, 62, und nehmen Nr. 61, und den Theil b von Nr. 62. weg (denn sie zerissen bei geringen Spannungen in Blätter), so ergibt sich, dass die mittlere Stärke der geschmiedeten Stangen 1,95, der gewalzten dagegen 2,01 ist. Wir können daher das Uebergewicht in Stärke, das die Tabelle in §. 77. den gewalzten Stangen beilegt, nicht als zufällig ansehen, sondern im Gegentheil, wir müssen es als gegründet erkennen. Nichts desto weniger zeigt das Walzen auch dieselbe Wirkung auf die gegärbten, wie auf die ungegärbten Stangen, nämlich ihre Verschiebbarkeit zu erhöhen. Dass die gegärbten gewalzten Stangen zugleich verschiebbarer und stärker als die geschmiedeten und gegärbten sind, können wir nicht erklären *). Aber die Verschiedenheit im Einfluss des Walzens auf ungegärbtes und gegärbtes Eisen, nämlich dass es das erstere schwächer, und das letztere stärker macht, als das geschmiedete Eisen derselben Art, schreiben wir dem Wärmegrad zu, unter welchem das Walzen vor sich ging. Im Allgemeinen gilt die Bemerkung, dass das gewalzte Eisen glühend aus den Walzen kommt, und das geschmiedete farblos vom Hammer. Das geschmiedete Eisen hätte demnach, um es in vollkommene Vergleichbarkeit mit dem gewalzten zu bringen, vorher geglüht werden müssen, ehe es versucht wurde **). Sicher hätte es dadurch die kleine Ueberlegenheit in der Spannkrafts-Quantität (der Grenze C) samt

*) Wenn man nicht die Verschiebbarkeitsgrenze als ein partielles und sehr zusammengesetztes Phänomen ansieht. D. Uebers.

**) Eigentlich unter dem Hammer glühend erhalten werden; da etwa ein neues Glühen anders wirken könnte, als ein fortgesetztes. D. Uebers.

absoluter Stärke verloren, welche die Versuche ihm nun zuzueignen scheinen; dagegen wäre die Verschiebbarkeit grösser ausgefallen. Aber wäre viel Stangen-eisen angewendet worden, wie es ist, ohne umgeschmiedet oder geglüht zu werden, so hätte es in dieser Hinsicht verwirrend seyn können, wenigstens hätte es uns nicht die gewisse Uebersicht des Gegenstandes gegeben, die sich jetzt darstellt.

In Folge des Angeführten ziehen wir endlich aus diesen Versuchen denselben Schluss, den uns die in London angestellten, nach §. 12, gaben, dass «die Stärke des Eisens auf der Temperatur beruht, bei welcher es gestreckt wird;» und da das Walzen, aber nicht das Schmieden, in einer verlangten Temperatur bewerkstelligt werden kann, dass «das Walzen ein stärkeres Eisen geben kann, als das Schmieden.» *)

§. 80. Bei den Phänomenen, die wir hervorrufen konnten, um das absolute Maass des Zusammenhalts (Cohäsion) zu untersuchen, hat diese Eigenschaft sich nicht vereinzelt gezeigt, sondern vereint mit der Verschiebbarkeit. Dasselbe Verhalten findet beim Drathziehen statt. Diese Veredlung des Eisens dürfte daher von Gewicht seyn für die wissenschaftliche Auseinandersetzung des Gegenstandes, ob sie gleich in praktischer Hinsicht von minderer Bedeutung ist. Wir wollen daher mittheilen, was in dieser Hinsicht geschehen ist, obgleich es gewiss nur als eine Vorbereitung zu Versuchen angesehen werden kann.

Herr ROTHOFF nahm, ohne eine besondere Wahl von weichem und harten, ein Stück ungegärbtes, gewalztes halbzölliges Rundeisen aus den zu den Versuchen bestimmten, und demnach in England gewalztes schwedisches, und liess dasselbe in dem Werke Jäder, Herrn MANNERSTRALE gehörig, zu Drath ziehen. Das Eisen hielt bis auf das Loch Nr. 14; aber in feinem Drathscheiben riss es entzwei, so dass ganze Bunde nicht gewunden werden konnten, sondern nur Stumpendrath. Dieser Drath war zäh, dicht und kaltschmiedbar ohne Spaltung, vollkommen gleich gut, wenn nicht besser, als gewöhnlicher Eisendrath, doch vielleicht (?) nicht so gut, als er dort von dazu besonders bereitetem Eisenzeug verarbeitet

*) Dieser Satz ergibt sich aus unsern Versuchen; hätten wir ihn zu Anfang, beim Auswalzen des Eisens zu diesen Untersuchungen, gehabt, so hätten wir die Temperatur dabei beachtet. Der Werkmeister des Walzwerkes, der dem Eisen die Temperatur gab, die er beim englischen anwendete, bemerkte, dass das schwedische in einer niedrigeren Temperatur sich walzen lasse, es wurde demnach zu heiss gewalzt.

werden könnte. — Da der grösste Theil alles gebrauchten Eisendraths nicht von grösserer Feinheit ist als der, wozu dieses gewalzte ungegärbte Eisen sich ziehen liesse, so folgt unstreitig, dass das Walzen des schwedischen Eisens, ohne Gärbung, für gröbern Eisendrath ein fehlerloses Zaineisen liefern kann.

Um eine Verbindung zwischen dem Verhalten des Eisens auf der Drathziehscheibe und den übrigen Eigenschaften desselben zu bewirken, wurden Stücke von all den Stangen, welche die Schmiedbarkeitsproben in Eskilstuna (s. §. 70.) durchgemacht hatten, nach dem Werke Jäder geschickt, woselbst Herr Capitain MANNERSTRALE die Drathziehung für die Versuche anordnete. Gemäss der geneigten Mittheilung über das Verhalten dabei, so wie den nachher mit dem Eisendrath angestellten Proben, ergab sich Folgendes:

Nr. 2. verhielt sich hart und kurz. Das Eisen konnte blos zu groben Drath, Nr. 8. oder 9, etwa 0,60 Linien im Durchmesser, gezogen werden. Der Drath war zäh und dicht, aber etwas ungleich; er nahm grosse Hitze beim Biegen an, und konnte zu dünnen Blättern geschmiedet werden.

Nr. 11. war weich und ungleich; ein Theil konnte bis Nr. 17. gezogen werden, ein anderer bis Nr. 20, oder 0,25 Linien Durchmesser; der Drath war ausgezeichnet zäh und dicht, doch nicht frei von harten und unebenen Stellen.

Nr. 18. hat sich zwar zu grössern Nummern geartet, aber konnte zu einem ganzen Ring nicht feiner als Nr. 14, mit 0,36 Dec. Lin. Durchmesser, gezogen werden. Dieser Drath war ausgezeichnet gleich, doch nicht frei von Spalten bei starkem Hin- und Herbiegen. Nicht so schmiedbar wie Nro. 11.

Nr. 20. war mürb und kurz, konnte nicht feiner als zu Nro. 11. oder 12. gezogen werden, wobei der Drath riss und sich spaltete. Der Drath spaltete sich auch unter dem Hammer.

Nr. 49. hat sich weich und fügsam gezeigt, aber von mehreren Arten. Ein Theil konnte nicht länger gezogen werden als bis Nr. 14, ein anderer Theil hielt aus bis Nr. 21. Beim Ziehen hatte diess Eisen die beste Hoffnung gegeben, obgleich es von Herrn MANNERSTRALE nicht als an-

wendbar konnte empfohlen werden *). Der feinste Drath war dicht, zäh und gleich, und demnach etwas besser, als der aus Nr. 11. erhaltene.

Nr. 50. war spröde, steif und kurz, gleichwohl artete er sich besser als Nr. 11.; durch Nr. 20. gezogen, erhielt man blos Stumpdrath, der jedoch dicht und zäh war.

Man findet hieraus dasselbe Resultat, in Absicht auf Härte und Weiche, wie aus den Versuchen zu Eskilstuna, in §. 70. Die Stange Nr. 20, welche sich unter Herrn ROTHOFFS Schmiedeversuchen in den Gärbestellen geöffnet hatte, spaltete sich auch beim Drathziehen. Nr. 2. und 50. waren starr, und Nr. 11. und 18. weich **).

In Hinsicht auf Dienlichkeit zur Drathbereitung, haben blos die Stangen Nr. 18. und 49. sich gut geartet, und unter diesen blos Nr. 18. in den grössten Nummern. Dass die härteren Stangen, Nr. 2. und 50., nicht anwendbar waren, scheint dahin zu deuten, dass das Maass der Verschiebbarkeit, nach §. 71., den absoluten Werth der Cohäsion überstieg ***). Im Allgemeinen musste das weiche Eisen (dessen Verschiebbarkeitsmaass also kleiner ist, d. Uebers.) dienlicher seyn wegen der bedeutenden Seitenschiebung, die nach §. 75. die Weichheit mit sich führt (deren Grösse bestimmt wird durch das Verhältniss des Unterschieds der ursprünglichen und der Rissfläche zur ursprünglichen. D. Uebers.). Aber was vor allem und zuerst bei dieser Eisenveredlung in Frage kommt, ist die Dichtigkeit und Gleichheit. Aus dem Verhalten in den Drathscheiben erhellt, dass der Theil von Nr. 18., welcher zu Drath sich zog, dicht war; so dann waren Nr. 11, 18. und 49. alle dicht. Was die Gleichheit betrifft, so erhellt aus beidem, der Tabelle zu §. 66. und dem Verhalten in der Drathscheibe, dass Nr. 18 das gleichste war. Vergleichen wir nun Nr. 11. und 18. mit einander, so wäre die Ungleichheit schon hinlänglich, den Vorzug zu erklären, den das Drathziehen der Nr. 18. gab, wenn nicht auch Nr. 49. ungleicher wäre als Nr. 18, und doch besser in der Drathscheibe sich gehalten hätte. Diess giebt

*) Dieser Umstand vermindert gleichwohl nicht den Werth des Resultats aus diesen Versuchen, in Beziehung auf das relative Verhalten der ungleichen Eisenarten.

**) Die Stangen gehören, die letzte ausgenommen, zur I. Klasse des §. 64, und sind gewalzte, theils gegärbt, theils ungegärbt, Nr. 18. und 20. sind englisch. D. Uebers.

***) Das Maass der Verschiebbarkeit wird durch die Kraft bestimmt, die erforderlich ist, um gleichdicke Stangen um gleichviel zu strecken, die Cohäsion absolut durch die Stärke der Rissfläche. D. Uebers.

Veranlassung zur Vermuthung, dass der höchste Grad von Verschiebbarkeit nicht am tauglichsten zum Drathziehen, sondern ein gewisses Verhalten zwischen der Verschiebbarkeit und der Spannkraftsgrenze am vortheilhaftesten ist. Darauf scheint das Verhalten in den Drathscheiben zu beruhen, dass das tauglichste Eisen weder das weichste war (Nr. 11. und 20.), noch das härteste (Nr. 2. und 50.), sondern das mittelmässig harte (Nr. 18. und 49.), welches auch im Wasser etwas Härte annahm. Wir schliessen hieraus, dass bei dem härtesten Eisen die Verschiebung *) mehr Kraft aufzehrt, als die Cohäsion in sich hat, und dass für das weichste Eisen die Grenze der Spannkraft zu eingeschränkt ist, um die zufällig sich möglicher Weise einfindende Kraft beim Drathzug zu umfassen, entweder eintretend als Folge der Ungleichheit des Eisens, oder Veränderlichkeiten, die von der Handthierung im Kleinen unzertrennlich sind. Aus diesem Gesichtspunkt ist es ganz natürlich, dass die Stange Nr. 49., obwohl ungleicher als Nr. 18., doch tauglicher zum Drathziehen war; denn Nr. 49. ertrug 0,950 Schiff Œ Spannung auf eine Quadrat-Decimallinie, ohne seine Form zu verlieren, da im Gegentheil Nr. 18. nur gehärtet, 0,536 Schiff Œ trug, gemäss der 2ten Tabelle zu §. 60.

Möglicher Weise kann eine kleine Variation in dem zwischen den Spannkrafts- und Verschiebbarkeitsgrenzen laut §. 73. aufgestellten Verhalten statt finden, ob wir gleich der Meinung sind, dass hier eher das Verschiebbarkeitsmaass in Frage kommt, als die Verschiebbarkeitsgrenze. Der Gegenstand scheint demnach eine Untersuchung über das Verschiebbarkeitsmaass, und dessen Zusammenhang mit den übrigen Eigenschaften des Eisens zu fordern. Eine Ungleichheit in dem absoluten Maass der Zusammenhaltigkeit (Cohäsion) kann auch, wiewohl wenig, hinlänglich seyn, um eine Eisenart tauglicher für den Drathzug zu machen, als eine andere.

Die Sorgfalt, welche auswärts auf die Bereitung des Eisendraths verwandt wird, und die Auswahl, die bei uns, wo, so viel uns bekannt, keine besondere Frischungsart für diesen Zweck benützt wird, statt finden muss, zeigt genugsam,

*) Im Text steht dasselbe Wort, welches in der Tabelle zu §. 75. gebraucht ist, die Verschiebung nämlich, deren Resultat und bestimmende Grösse die Querschnittsverminderung ist, nicht zu verwechseln mit dem Maass und der Grenze der Verschiebbarkeit in §. 71., welche durch die Grösse der Dehnung bestimmt wird.

dass das Drathziehen zu den schwersten Veredlungen des Eisens gehört *). Eben desswegen dürfte eine Entwicklung der Eigenschaften des Eisens, welche hiezu insonderheit erforderlich sind, die Aufmerksamkeit der Wissenschafttreibenden verdienen **).

*) Vergl. RINMANN (Geschichte des Eisens, und Anleitung zu den gröbern Eisen- und Stahlveredlungen); BROLING (Reise nach England, 2ter Theil); SVEDENSTJERNA (Annalen des Eisencomptoirs 1r Jahrgang) u. a.

**) Die Theorie, welche den Zusammenhang zwischen Spannkraft, Verschiebbarkeit und Cohäsion erklären soll, muss alle die Metalle umfassen, welche diese Eigenschaften in einem bedeutenden Grad besitzen. Versuche mit Silber, Kupfer und Blei sind angefangen. Wenn die Schwierigkeiten des Gegenstandes durch die darauf verwandten Bemühungen besiegt würden, so folgt daraus doch nicht, dass die Beantwortung der Frage, die uns hier beschäftigte, den Ausschlag dieser Versuche abwarten musste.

RESULTS.

Praktische Resultate.

§. 81. Nachdem wir nun jede Prüfungsart für sich durchgegangen, welche zur Entscheidung des verschiedenen Einflusses des Schmiedens und Walzens auf die Spannkraft, Verschiebbarkeit und Cohäsion des Eisens angestellt worden sind, so ist nun übrig, mit einem gesammelten Blick die Wirkung dieser verschiedenen Streckungsarten im Ganzen zu übersehen. Angekommen auf diesem Punkt, in welchem alle Unternehmungen für die Anwendung des Eisens im Grossen in ihren Richtungen zusammentreffen, wissen wir wohl, dass das Gewicht des Gegenstandes eine vollständigere Behandlung fordert, als in unserer Macht ist. Diess Gefühl verhindert uns gleichwohl nicht, ehrlich unsere Ansicht vorzulegen, um so mehr, als wir diese Arbeit in solcher Anordnung zu liefern gesucht haben, dass der Leser von unserm Urtheil unabhängig bleiben kann.

Wir nehmen nun die Frage wieder auf: Welche Eigenschaften werden dem Eisen beigebracht durch die Art, dasselbe in eine für den Handel taugliche Form zu strecken, nämlich durch Schmieden oder Walzen; diess war die Frage, welche uns zu dieser Arbeit Veranlassung gab. Dieselbe veranlasste eine zweite: welches sind die hauptsächlichsten Eigenschaften des Stangeneisens? Auf diese Frage haben wir geantwortet durch die Eintheilung derselben in absolute und relative, wovon die erstern die Dichtigkeit und Gleichheit in sich fassen, und die letztern die zähe und unzähe Härte, zähe und unzähe Weichheit und die Spannkraft *).

In Beziehung auf den Ursprung dieser letztern Eigenschaften, glaubten wir dieselbe aus dreien herleiten zu können, nämlich der Spannkraft, der Verschiebbarkeit und der Cohäsion **). Denn Zähheit, sie mag nun hart oder

*) Svea a. a. O. p. 120. u. f. Zur Umgehung von Weitläufigkeit müssen wir uns auf diese Abhandlung berufen.

**) Herr SÄFSTRÖM (Annalen des Eisencomptoirs 1820. p. 93. ff.) leitet aus Cohäsion und Verschiebbarkeit alle Eigenschaften der Metalle her, nämlich Zusammenhaltigkeit, Härte, Schmiedbarkeit,

weich seyn, beruht auf der Verschiebbarkeit, und unzähe Härte und unzähe Weiche *) beruhen auf Cohäsion.

Die Hauptfrage hat uns demnach zur Untersuchung des Einflusses der Bereitungsart auf die Dichtigkeit (Freiheit von Blättern, Brüchen), Gleichheit, Spannkraft, Verschiebbarkeit und Cohäsion des Eisens geführt. Die Resultate, welche wir in Hinsicht dieser Eigenschaften fanden, wollen wir nun zurückrufen.

- 1) Das Walzen giebt allezeit ein dichtes Eisen; das Schmieden giebt ein unsicheres, oft undichtes, bisweilen blättriges Eisen.
- 2) Das Walzen giebt ein bedeutend gleicheres Eisen als das Schmieden; jenes dreht nie Fasern, welches bisweilen beim Schmieden sich trifft, wesswegen ein auf der einen Seite hartes, auf der andern weiches Eisen, durch Walzen bedeutend gleichgemacht und gestreckt wird, ohne Verrückung der Lage der Eisensorten, welches beim Schmieden unsicher ist.
- 3) Walzen und Schmieden geben dasselbe Maass für die Intensität der Spannkraft. Aber in Beziehung auf die Grenze der Spannkraft, haben die Versuche den geschmiedeten ungegärbten einen höhern Grad zuschreiben wollen, als den gewalzten ungegärbten Stangen. Wahrscheinlich beruht diess auf dem Kalthammern, und kann demnach leicht dem gewalzten mitgetheilt werden. Der Unterschied zwischen gewalztem und geschmiedetem scheint nicht bedeutend zu seyn. Bei gegärbtem schwedischen Eisen ist in dieser Hinsicht kein Unterschied zwischen gewalztem und geschmiedetem Eisen, aber gegärbtes Eisen hat eine viel höhere Spannkraftsgrenze, als das ungegärbte.
- 4) Das Walzen macht das Eisen bedeutend mehr verschiebbar als das Schmieden
- 5) Die Cohäsion scheint aufs Genaueste unabhängig von der Streckungsweise zu seyn, daher die absolute Stärke hauptsächlich auf der Verschiebbarkeit beruht. Wenn man die Hälfte der ungegärbten geschmiedeten Stangen, die in Blätter zerrissen, ausnimmt, so zeigen die übrigen eine grössere

Elasticität, Sprödigkeit, Steifheit. Wir glauben nicht, Spannkraft aus Verschiebbarkeit herleiten zu können, wie dieser Schriftsteller thut (a. a. O. p. 108.), denn Spannkraft scheint uns nichts anders zu seyn, als das Daseyn einer Gleichung zwischen den Urkräften der Materie, gemäss §. 34.; nämlich der Gleichung $AFr = Rfr + a$, welche das Volumen jedes Körpers bestimmt, deren Existenz auch voraussetzt, dass diese Kräfte im Augenblick des Erstarrens sich nicht wechselseitig ganz absorbiren.

*) Unzähe Weichheit dürfte wohl, nach der Wortbedeutung, nicht existiren; lose Weichheit, als unterschieden von zäh, fasst das, was man kurzzeitig nennt.

absolute Stärke, als die ungegärzten gewalzten. Diess gilt jedoch nicht von den in London und Eskilstuna angestellten Versuchen; denn da fand sich das gewalzte Eisen als das stärkste, wie es auch der Fall war mit dem gegärzten *).

§. 82. Diese Bestimmung der Eigenschaften des gewalzten und geschmiedeten Stangeneisens scheint uns die Antwort auf die Frage zu enthalten, über den Vorzug des Walzens und Schmiedens bei und für die Bereitung des Stangen-, Zain- und Fabrikeisens. Denn zuerst und vor allem wird bei jeder Anwendung erfordert, dass das Metall dicht sey (frei von Blättern, Brüchen), diese Bedingung ist in solchem Grad wesentlich, dass wir keine Anwendung kennen, wobei das Eisen nicht dicht seyn müsste. Sodann wird zu mannichfaltigem Behuf, als zum Schrauben, Feilen, Bohren, Drechseln, Plattwalzen, Drathziehen u. a. erfordert, dass das Metall gleich sey, und vor allem frei von stahlartigen Ungleichheiten, welche unglaublich der Geräthschaft und den Maschinen schaden, Schwächung mit sich führen, und alles Urtheil über Steifheit, Festheit u. a. zu einem betrüglichen Narrenwerk machen. Was endlich die relativen Eigenschaften der Metalle, Spannkraft, Verschiebbarkeit und Cohäsion betrifft, so sind wir der Ansicht, dass die Versuche einen so genauen Zusammenhang zwischen denselben an den Tag legen, dass man die Verschiebbarkeit als das Kennzeichen einer Eisenart ansehen kann, besonders wenn man sich erinnert, dass bei der Anwendung des Metalls im Allgemeinen nur diejenige Stärke in Berechnung kommt, wobei das Eisen belastet werden

*) In Kurzem ist Folgendes die Uebersicht der hier betrachteten Elemente. Es sey die ursprüngliche Durchschnittsfläche einer Eisenstange F ; die Rissfläche, d. h. die kleinste Durchschnittsfläche beim Zerreißen, f ; die zerreisende Kraft P ; die Spannkraft (welche vor dem Zerreißen überwunden werden muss) p ; die totale Ausdehnung (oder Dehnungsgrenze) der Stange nach dem Zerreißen Δ ; die Ausdehnung eines Fusses (oder anderer Einheit) zunächst der Rissfläche D ; so treten folgende Bestimmungen ein: die Verschiebung wird bestimmt durch $\frac{F-f}{F}$; die Grenze der Verschiebbarkeit durch Δ oder f ; das Maass der Verschiebbarkeit durch $(P-p) \cdot \frac{F}{D}$; die absolute Stärke durch $\frac{P}{F}$; die Stärke der Rissfläche, oder (im Mittel aus mehreren) die Cohäsion durch $\frac{P}{f}$. Zwischen diesen Grössen sind in den Tabellen die Relationen angegeben, samt Vergleichen mit den Spannkraftbestimmungen, und in dem vorhergehenden die allgemeinen Resultate. — Man wird nicht ohne Interesse die Schrift lesen: Versuch einer neuen Theorie der Cohäsionskraft, von H. F. EISENBACH. Tübingen 1827. D. Uebers.

kann, ohne seine Gestalt zu verlieren. Wie wichtig es ist, mit Sicherheit diese Eigenschaft bestimmen zu können, um darnach zu unterscheiden, zu welchem Behuf die eine oder die andere Eisenstange angewendet werden muss, überlassen wir dem Urtheil jedes Sachkundigen *). Hier müssen wir gleichwohl bemerken,

*) Wir haben POLHEM und RINMANN in dieser Sache reden lassen (s. Svea a. a. O. p. 26 ff.), auch NORDEWALL hat uns in den Stand gesetzt, dieses Gemälde bis auf die jetzige Zeit fortzusetzen. Wir theilen den geneigt uns mitgetheilten Aufsatz des letztern hier mit.

„Lange, und bei mannichfachen Gelegenheiten hat man kennen gelernt den Bedarf, und erfahren den Mangel an gutem und tauglichem Zaineisen, beides für Haushaltungen, Wirthschaften, als auch Handthierungen hier zu Lande; aber man hat fast eben so lange die Hoffnung aufgegeben, seine Wünsche erfüllt zu sehen, bis man erst in den letzten Zeiten dahin gelangte, zu entdecken, was sich durch die Verbesserung der Arbeitsmethoden ausrichten liesse; und durch die Bemühung einiger eifrigen und verdienstvollen Mitbürger, sich über die Entdeckungen anderer Nationen und ihre Aneignung auf unsere Eisenbereitung zu unterrichten, ist unsere Hoffnung kürzlich wieder aufgelebt, dass mit vielleicht unvermuthetem Fortgang diese Aneignung sich bewerkstelligen liesse.

Ewr. dürfte nicht ungeneigt folgenden Aufsatz, über den Bedarf und die Angelegenheit eines guten und tauglichen Eisenzeugs bei nachfolgenden und andern Fällen, entgegennehmen.

Für Gewehrverarbeitung.

1. Ist es von dem grössten Gewicht, zu Röhren, für Musketen und Pistolen, als auch besonders für Stutzer, ein gleiches, dichtes und starkes Eisen zu haben, damit sie den strengen Probeschuss mit doppelter Ladung, dem sie gewöhnlich unterworfen werden, aushalten, und mit Sicherheit die nöthige und in dem Reglement vorgeschriebene Form erhalten können.

a. Das Eisen muss gleich seyn, damit die Röhre beim Bohren oder Abdrehen eine vollkommen cylindrische Form, sowohl ausser- als innerhalb, annehme, auch beim Ziehen gleiche und reingestaltete Riefeln und Höhen annehme. Ist das Eisen nicht gleich, so werden die Riefeln ungleich tief und die Höhen ungleich hoch, und das Rohr in Folge davon ungleich dick im Gehalt und weniger zuverlässig beim Schiessen.

b. Dicht, damit das Rohr beim Schmieden frei von Brüchen und Blättern bleibt. Die Brüche weisen sich beim Probeschuss, auch oft beim Bohren, und die Blätter kommen beim Riefeln und Ziehen, wo nicht früher, zum Vorschein. Bei den Stutzerröhren zeigen sich oft die Blätter nicht eher als beim letzten Probeschuss, wo die Röhre meistens verloren ist, denn ein weiteres Glattbohren führt die Abweichung des Kalibers von der gestatteten Weite mit sich. Es versteht sich, dass sowohl kalt- als rothbrüchiges Eisen zu Röhren untauglich ist; jenes widersteht dem Probeschuss nicht, und diess giebt Querbrüche beim Schmieden.

c. Das Eisen muss stark seyn, wenn es dem Probeschuss mit doppelter Ladung widerstehen soll. Besonders ist diese Eigenschaft für die Stutzerröhren nöthig, welche nach dem gegenwärtigen Modell übertrieben dünn sind, und welche durch das Riefeln noch weiter geschwächt werden.

2. Ausser dem Rohr fordert auch das Schloss beides, ein gleiches und starkes Eisen, wenn es die Besichtigungsprobe und die Zumuthungen aushalten soll, die ihm in der Folge werden. Es begiebt sich oft, dass das Schloss die Besichtigungsprobe aushält, und doch beim Gebrauch an gewissen Theilen entzwei geht, so auch, dass der Hahn und Feuerstahl an den Hälsen zerspringt, und die Stangen, Nüsse und Hahnschrauben verschleissen innerhalb kurzer Zeit, wenn das Eisen zu weich war in den letztern, und zu hart im Hahn und Feuerstahl. Durch das Auflegen des Stahls mittelst Lötens und endliches Härten des ganzen Stahles werden beide, Eisen und Stahl, sehr geschwächt, wesswegen die Wirkung des Härten auf ungleiches Eisen oft grosse Ungelegenheit und Schaden dem

dass, wenn Walzen ein bedeutend verschiebbareres Eisen geben kann, als das Schmieden, diese Streckungsart tauglicher als das Schmieden zu all dem Behuf, wo Verschiebbarkeit (welche man samt der Cohäsion zähe Weichheit nennen könnte) die wesentliche Eigenschaft ausmacht. Dieser Bedarf tritt ein, wo die

Arbeiter verursacht, indem die Theile des Schlosses und besonders der Feuerstahl sich aus ihrer Form schlagen und nicht mehr in das Blech passen, das bei der Besichtigung nun gebraucht wird.

3. Das Absehen fordert weiches und zähes Eisen, so wie die Pfanne, die Bügel- und Plattschrauben; aber die Schloss- und Kreuzschrauben fordern starkes und gleiches Eisen, wenn sie nicht vor der Zeit schlitzen sollen.

4. Zu Bajonetten wird starkes und zähes Eisen in den Hülsen und Hälsen, damit die Hülse beim Bohren nicht bricht, und die Hülse beim Probiren nicht brechen, erfordert; aber die gegenwärtige fehlerhafte Art, die Bajonette zu besichtigen und zu probiren, lässt gleichwohl oft zu, dass ein gutes Bajonet bricht, während ein geringeres hält.

Für die Artillerie.

Nicht blos für Achsen und Beschlag bei den Lavetten, und für die Richtschrauben, sondern auch für den Anspann selbst ist es von dem höchsten Gewicht, ein starkes und zähes Eisen zu haben, wenn anders der Zweck dieser Waffen nicht verfehlt und das grösste Unglück vermieden werden soll. Eine zerbrochene Lavette und ein entzweigegangener Anspann verursachen nicht allein Aufenthalt und Unordnung, sondern können oft einen unvortheilhaften Ausgang einer sonst wohl angestellten militärischen Bewegung verursachen, entweder beim Angriff oder Vertheidigung.

Wenn auch der Bedarf von Eisen für die See-Artillerie nicht so gross ist, so ist es desto wesentlicher für das Attirail, den Zugang von starkem und zähem Eisen zu haben, das den Zumuthungen eines heftigen Seegangs widersteht, damit beim Schiessen nicht das Reculer zerstört wird u. a. Ein beim Schiessen zersprungener Ringbolzen, oder Ring für die Lavettenseile, macht Unordnung und sehr oft grossen Schaden.

Für Schiffbau und Seewesen.

Wenn es irgendwo von Wichtigkeit ist, mit starkem und zähem Eisen versehen zu seyn, so ist diess gewiss beim Schiffbau und dem Seewesen, wo, kurz zu sagen, jedes Stück den heftigsten Angriffen ausgesetzt ist und gegen Zerstörung kämpfen muss. Jeder Schraub- und Hakenbolzen, ja hin und wieder jeder Nagel, müssen Stärke und Zähheit genug haben, um nicht unter dem Brechen und Reissen, das bei einem heftigen Seegang in allen Theilen des Schiffs entsteht, zu bersten. Ein Jungferneisen, das bricht, droht ein Unglück, und ein entzweigegangenes Steuerrudereisen führt sehr oft einen unabwendbaren Untergang mit sich. Verbindet man hiemit die Nothwendigkeit eines zähen und starken Eisens zum Anker und seinen Ringen, und endlich zu den Ankerketten (chain cables), welche man in England bereits sich erdreistet hat statt der Ankertaue einzuführen, so zeigt sich in noch hellerem Licht der Bedarf und die Nothwendigkeit, auf alle erdenkliche Weise, auch nur wegen des Seewesens, ein für jeden besondern Zweig desselben taugliches und zuverlässiges Eisen zu erhalten zu suchen.

Es mag im Vorbeigehen angeführt werden, wie angelegentlich es sich die Engländer seyn lassen, mit was immer für Kosten, sich ein zuverlässiges Eisen zu den Schiffsankern zu verschaffen, und mit welchem Vertrauen sie vormalis hiezu das schwedische Eisen benützten. Vor ungefähr 30 Jah-

Leichtigkeit der Arbeit, oder des Werkzeugs, oder der Maschinenbestand von höherem Werth ist, als ein höherer Grad von Spannkraft, wie beim Feilen, Winden, Nieten, Nagelspindelschmieden, Platt- und Bandeisenwalzen u. a. Die Bemerkung, die wir machten, dass der Wärmegrad, wobei das Eisen gestreckt

ren, als ich bei der Arbeit des Trollhätta-Canals besseres Eisen zu den Steinschlegeln bedurfte, als aus dem Werk Kallerö in Bohuslän erhalten werden konnte, kaufte ich in Götheborg einen abgegangenen englischen Schiffsanker, welcher sich, zu meiner Verwunderung, aus 2 Zoll breiten Eisenstangen zusammengeschweisst ergab; aber er war nicht besser gearbeitet als so, dass in einer der Schweissungen sich deutlich der schwedische Eisenstempel zeigte.

Aber nicht allein für grössere Schiffe und Fahrzeuge, sondern auch für die Scheeren-Wachen, und kleinere Fahrzeuge, von Kanonenboten und Jollen an bis zu den kleinern Lotsen- und Fischerbarken, beruht oft Menschenleben und Eigenthum auf einem guten und sichern Eisen, sowohl in der Verzimierung als auch in dem Attirail.

Für Grubenbau und Bergwerksbetrieb.

Man braucht eben nicht sehr hierin bewandert zu seyn, um eingesehen und erfahren zu haben, welcher ausgedehnte Bedarf diese Handthierungen in jedem besondern Theil an gutem und tauglichem Eisen haben. Man kann nicht in eine Grube an der Leiter hinuntersteigen, ohne sich zwischen Furcht und Hoffnung schwebend zu fühlen, wenn man die Zusammensetzung betrachtet, an welcher das eigene Leben und Anderer Wohlfarth hängt, und bei jedem Tritt überzeugt man sich von der Wichtigkeit, mit weichem und zähem, steifem und starkem, oder steifem und hartem Eisen versehen zu seyn, je nach den ungleichen Angriffen, Abnutzung, Biegung und Reibung, welchen jeder besondere Theil aushalten und Widerstand leisten muss. Mit jedem Tag wird man mehr davon überzeugt, seitdem man aus Erfahrung die Möglichkeit eingesehen hat, auch zu Grubenseilen Eisenketten anstatt der Hanf- oder Ledertaue zu benutzen; man sieht aber auch zugleich die Nothwendigkeit ein, so starkes und zähes Zaineisen bereiten zu müssen, dass man auf solch einer Kette Menschenleben und Eigenthum wagen kann. Neulich hat man auch Feldgestänge von Eisen, anstatt der Holzstangen, versucht, und man begreift leicht, dass die Grenze für mannichfach mehrere dergleichen Versuche sich in eben demselben Verhältniss entfernt, wie die Hoffnung auf ein, zu allem diesen verschiedenen Bedarf, taugliches und sicheres Eisen zunimmt. Aber nicht allein der Grubenbau, sondern alle übrigen Bergwesensbauten von Hammer- und Manufacturwerken, Walzen- und Schmiedewerken u. a.; überdiess alle andere Gebäude für Haushaltung, Manufactur und Handwerk, samt allen Sorten Geräthschaften, Werkzeug u. a., lassen uns täglich die Nothwendigkeit erfahren, und veranlassen uns höchlich zu dem Wunsch, nicht blos bessern, sondern in manchen Fällen gänzlich vermissten Zufluss von tauglichem Eisenzeug zu jeglichem besondern Bedarf zu erhalten. Von welchem grossem Gewicht ist es nicht für Dampfmaschinen, für Pumpen- und Manufacturwerke, wie für Dampffahrzeuge u. a., von der Festigkeit und Stärke des Eisens, das in so manchen Theilen derselben erforderlich ist, überzeugt zu seyn, wenn anders der grösste Schaden und Unglück vermieden werden sollen. Von den 4 Dampfmaschinen welche bei dem Grundbau der Schleuse im Canalbau zu Söder Telje angeschafft werden mussten, waren 3 schwedische und eine englische. Die englische hielt das Pumpen zwei ganze Sommer hindurch, ohne einiger Reparation zu bedürfen, aus, wogegen die schwedischen, um es kurz zu sagen, jede Woche mehr oder weniger Ausbesserung unterworfen werden mussten, und mit all diesem war doch die Grundlegung auf trockenem Boden unmöglich, sondern musste zuletzt in einem wasserdichten Fahrzeug oder Prahm geschehen, von solcher Grösse, dass er die ganze Schleuse in sich fasste. Die Kosten und der Zeitverlust, welche diess verursachte, lassen sich leicht genug einsehen.

wird, seine Verschiebbarkeit bestimme, legt noch ein grösseres Gewicht auf die Anwendung des Walzens; denn zum Auswalzen des Eisens kann man im Allgemeinen die gehörige Hitze wählen, aber beim Schmieden des Eisens hat diess nur für gewisse Arbeiten und innerhalb viel weniger verschiedener Grenzen statt. Weil nun diess der Grund ist, dass die höhere Federung, welche gewisse Arbeiten erfordern, im hinreichenden Grad durch Schmieden nicht gewonnen werden kann, sondern diese Eigenschaft erst nachher durch Hammern in einem tauglichen Wärmegrad besonders im Eisen erregt werden muss, auch ein solches Hammern deutlich sich eben so gut bei gewalztem als geschmiedetem Eisen bewerkstelligen lässt; so scheint die bis jetzt bestehende Weise, durch Schmieden das Eisen zu verarbeiten, früher oder später mit dem Walzen vertauscht zu werden, für allen den Bedarf, wo die Form des Products nicht so ist, dass die Bearbeitung durch Walzen unmöglich oder theuer wird.

So spricht die von uns gewonnene Erfahrung, wenn die Frage nur ungegärbtes Eisen angeht. Der höhere Grad von Gleichheit, den das Walzen vor dem Schmieden giebt, ist gleichwohl für feinen Bedarf nicht hinreichend; dann ist des Eisens Gärbung nothwendig. Um Weitläufigkeit zu vermeiden, müssen wir uns in dieser Hinsicht auf die schon oft in diesem Werk angeführte Abhandlung in der Zeitschrift Svea, über die schwedische und englische Eisenbereitung, berufen. Versuche haben nun die von uns dort aus physischen Gründen gehegte Vermuthung bestätigt, nämlich dass das Walzen das Eisen sicherer schweisst als das Schmieden (s. §. 65.) Dass auch das Gärben unter den Walzen minder kostbar ausfällt als unter dem Hammer, scheint so wahrscheinlich zu seyn, dass hierin bei uns kein Zweifel eintritt. Wird diese letzte Vermuthung gleichfalls bewahrheitet, so tritt auch aus dem Gärben des Eisens

Es ist unmöglich, mit einiger Kenntniss und Erfahrung den Bedarf eines bessern Eisenzeugs für unsere Gewerbe und Handthierungen, so wie die wohlgegründete Hoffnung, die man für die Möglichkeit derselben nunmehr hat, einzusehen, ohne zugleich mit einem für deren Emporkommen warmen Herzen zu wünschen, dass das in Wirklichkeit eintrete, was leider bis jetzt nur als Möglichkeit da ist.

Nyby, den 4. Mai 1827.

ER. NORDEWALL.

So spricht der Erfahrene, dessen Lebenswirksamkeit den Gegenstand umfasste, und dessen Scharfsinn sich am besten in seinen Werken erprobt. — Wir haben uns auf POLHEMS, RINMANNS und NORDEWALLS Urtheil berufen, da der Umfang und bedeutungsreiche Inhalt weit die Grenzen unserer Erfahrung und Kenntniss übersteigt. Diese Urtheile umfassen eine Zeit von hundert Jahren.

ein neuer Grund für den Vorzug, welchen die Versuche mit ungegärbtem Eisen bereits dieser Streckungsweise vor dem Schmieden ertheilt haben, ein.

Um zu untersuchen, ob das Walzen die Tauglichkeit des Eisens zu Stahl befördert oder hindert, wurden zwei Dimensionen von dem in London gewalzten Eisen aus Bofors, nämlich 2 Zoll, 1 Zoll platt und 1 Zoll Quadrat, nach dem Werke Nyquarn, Herrn WINCKLER und ULMGREN gehörig, gesendet, welcher geneigt diese Eisenstücke zu Stahl brennen liess. Die Stahlstangen hatten ein gleiches Aussehen, nicht mehr Blasen als gewöhnlich, und keine grossen. Zwei unbedeutende Längenbrüche fanden sich in einer Stange; der Bruch war gleichkörnig, wie guten Stahls, und schien härtere Brennung beim quadratischen zu zeigen, obgleich die Oberfläche so glatt war, dass man den aus feinen Buchstaben zusammengesetzten Stempel von Bofors sehr gut und lesbar erhalten hatte. Bei der zu Eskilstuna vorgenommenen Probeschmiedung fand sich der Stahl von bestimmter guter Schmiedbarkeit, oder wie man sagt, beim Strecken sätlich, selbst wenn es gewaltsam geschah. Ganz fehlerfreie Spindeln von $\frac{1}{4}$ Zoll, von quadratischen und platten, von gleichem Eisen erhielt man. Der Kern oder die sogenannte Rose zeigte sich im Bruch dieses feinen Stahls. Keine Faserigkeit merkte man, eben so wenig Ungleichheit im Bruch, noch weniger Undichtheit. Bei der Verarbeitung zur Stählung der Aexte, Feilen, Federmesserblättern, Federn, fand er sich ganz gut und wie die bessern Stahlarten; doch wurde bemerkt, dass die Härte, die wohl gut, nicht vorzüglich war. Politur nahm er im vollen Grade an, und das meistens mit ganz dichter Oberfläche. Man fand, dass der Stahl leicht und gut, sowohl beim Strecken als im übrigen, verarbeitet werden konnte. Er zeigte sich in diesen, von mehreren Arbeitern und zum Theil auch bei Herrn HELJESTRAND angestellten Proben, besserem schwedischen Stahl gleich. Stahleisen kann demnach gewalzt werden.

Da man aus Erfahrung weiss, dass das zu Bofors aus dem Roheisen von den Erzen zu Darlkarlsberg bearbeitete Eisen beim gewöhnlichen Brennen einen mittelmässigen Stahl giebt, so folgt hieraus, dass das Walzen keineswegs der Stahlart, die möglicher Weise den Erzen zugehört, schadet, sondern im Gegentheil die Schmiedbarkeit, Gleichheit und Dichte des werdenden Stahls befördert. Dass im übrigen die Stahlart des Eisens auf den Erzen beruht, und dass ein bestimmtes Urtheil über den Einfluss des Walzens auf die Dienlichkeit

des Stahleisens zu gewissen Arten von Stahl, noch mehr Versuche auf diesem Weg voraussetze, trifft sich von selbst.

Theoretische Resultate.

§. 83. Wir haben in den vorhergehenden §§. die Versuche im Allgemeinen aus dem praktischen Gesichtspunkt angesehen, aus welchem auch die Versuche entstanden sind. Dieser Gegenstand hat aber auch einen theoretischen, und wir wollen nun sehen, ob die Versuche, von demselben aus betrachtet, einiges Resultat gewähren. In Wahrheit, keine Untersuchung, sie mag auch zu den verborgensten Kreisen der Industrie gehören, kann ohne allen Zusammenhang mit den Wissenschaften seyn. Es scheint auch in der Ordnung zu seyn, dass, sobald die Untersuchungen die Anordnung der Gesichtspunkte und selbst die Hülfsmittel von der Theorie entlehnen, diese von ihrer Seite nicht weniger in eine neue Berührung mit den Phänomenen gebracht werden sollte, ohne einigen Gewinn davon zu erndten. Wenn wir aber die Billigkeit einer solchen Erwartung zugeben, so müssen wir doch auch von unserer Seite bekennen, dass wir die Untersuchungen, in Hinsicht des Zusammenhangs zwischen Spannkraft, Verschiebbarkeit und Cohäsion, für nichts mehr als bloß angefangen betrachten, obgleich wir der Meinung waren, dass die Auseinandersetzung der praktischen Frage hinlänglich entwickelt ist, um in ihrem gegenwärtigen Zustande jedermanns Händen übergeben werden zu dürfen.

Von schwedischem Stangeneisen kommen zwei Arten im Handel vor, unzähes und zähes. Das erstere, was man auch spröde nennen könnte, gleicht dem Roheisen und Stahl mehr als das zähe Stangeneisen. Wir haben es bloß unter geschmiedeten ungegärbten Stangen gefunden, und unter denen, welche in der niedrigsten Temperatur gewalzt wurden. Wir vermuthen, dass in der Reihe der Formen, unter welchen das Eisen auftritt, wobei Roheisen, Stangeneisen und Stahl der Anfang, Mittel und Ende sind, das sprödharte Eisen zwischen zähhartem und Stahl aufgestellt werden muss, so wie das rohe Stangeneisen zwischen Roheisen und zähem Eisen. Das letztere unterscheidet sich von dem unzähem Eisen durch dieselbe Eigenschaft, welche man beim Gusseisen und dem rohen und unzähem Stangeneisen vermisst, nämlich durch Verschiebbarkeit. Diese Eigenschaft führt eine Mannichfaltigkeit der Anwendbarkeit des Metalls herbei, und stellt es in Verbindung mit andern verschiebbaren Metallen.

Die erste Eigenschaft, welche durch Anbringung einer äussern Kraft, sie sey nun Schlag oder Druck, in Wirksamkeit gesetzt wird, ist die Spannkraft. Ihr absolutes Maass oder Intensität $\frac{a}{c}$ scheint von dem Zustand der Härte oder Weiche, in welchem das Metall sich befindet, gemäss §. 59., und von seiner Verschiebbarkeit, gemäss §. 72., unabhängig zu seyn. Aber die Grenze für die ungestörte Existenz dieser Spannkraft, bezeichnet durch die Grösse A oder C , steht im genauen Zusammenhang mit jenem Zustande, gemäss §. 73. — Bei höherer Spannung oder Druck ist die Ausdehnung oder Zusammenziehung, welche, gemäss §. 40., einerlei Gesetz zu befolgen scheinen, nicht mit der angewandten Kraft proportionirt, nach §. 34, 55, 62. — Das Maass der Spannkraft erleidet durch das Härten keine Veränderung, nach §. 63. *). Das Maass der Spannkraft kann durch Schwingungsversuche gefunden werden, gemäss §. 52; wodurch auch solche innere Undichtheiten sich offenbaren, welche längs des schwingenden Körpers liegen, nach §. 58. — Die Gärbung des Eisens scheint den Werth für die Spannkraftsgrenze bedeutend zu verändern, nach §. 60. Das Maass der Spannkraft erleidet geringe Veränderung in einer Stange, von der ersten Veränderung der Spannkraft an, bis zum Zerreissen; doch vermindert sie sich gewiss, vergleiche die Stangen 17 a. 17 b. mit 51 a. und 51 b. in §. 57. Aber die Grenze der Spannkraft wird in dem Maass erweitert, als die Streckung fortgeht. In jedem beliebigen Punkt der Streckung nimmt die Spannkraft einen gewissen Antheil (A nach §. 34.) von der spannenden Kraft auf.

Die Grösse A wächst bis zu dem Augenblick des Zerreissens, wo das Daseyn dieser Kraft sich durch die gewaltsame Entfernung der zerrissenen Theile und durch die gerade, gekrümmte, gedrehte Zusammenziehung, je nach der Gleichheit oder Ungleichheit der Eisenfibern und der Lage dieser Ungleichheit, kund giebt.

Steigt die äussere, auf ein zähes Stangeneisen wirkende, Kraft über die Grenze der Spannkraft, sey es bei Dehnung oder Zusammendrückung, so entsteht eine Formveränderung, welche nicht vollkommen wiederhergestellt wird, wenn die äussere Kraft zu wirken aufhört. Dieses Phänomen, welches die Verschiebbarkeit voraussetzt, ist blos vermittelt der Verlängerung des Eisens nach einer

*) Diess stimmt mit COULOMES und TREDGOLDS Versuchen überein, s. §. 33. Aus ihren Versuchen erhellet auch, dass die Grenze der Spannkraft bedeutend durch Härten erweitert wird.

gewissen Richtung, durch Streckung nämlich, untersucht worden. Die Versuche zeigen, dass bedeutend verschiedene Kräfte erfordert werden, um dieselbe Grösse von Formänderung bei weichem oder hartem Eisen hervorzubringen. Wir haben dieser Kraft den Namen Maass der Verschiebbarkeit in §. 71. gegeben. Die Grösse dagegen, um welche sich ein Fuss Eisen von dem unveränderten Spannkraftszustand an, bis zum Zerreißen verlängert, nennen wir die Grenze der Verschiebbarkeit. Die Versuche zeigen, dass die sogenannte Härte und Weiche auf der Verschiebbarkeit beruht, gemäss §. 6, 71, 80, und diese Eigenschaft wieder auf dem Wärmegrad, unter welchem das Eisen gestreckt wird, nach §. 12, 68, 79. Für das bei unsern Versuchen vorkommende verschiebbarste Eisen hat die Verschiebung 0,27 der ursprünglichen Länge betragen, nach §. 66., und 0,722 des ursprünglichen Querschnitts, nach §. 69.

Nachdem die Verschiebbarkeit gleichsam ausgeleert worden, so wirkt jeder äussern Kraft nur die Cohäsion entgegen. Die Versuche haben gezeigt, dass das absolute Maass dieser Eigenschaft (also in Beziehung auf die Rissfläche) beinahe gleich gross ist für weiches, hartes, festes und biegsames Eisen, in §. 6, 11, 74, 75, 76. Daraus folgt, dass die absolute Stärke des Eisens (in Beziehung auf den ursprünglichen Querschnitt) auf der Verschiebbarkeit beruht, gemäss §. 6, 13, 75, auch erklärt sich hieraus der Zusammenhang, den die Versuche, nach §. 78., zwischen der Spannkraftsgrenze und der absoluten Stärke nachweisen, und dass kein Zusammenhang zwischen dem Maass der Spannkraft und der absoluten Stärke statt finden kann, §. 78.

Das Eigengewicht des Eisens scheint blos in geringem Maass von der Verschiebbarkeit abzuhängen; es ist bei weichem und hartem Eisen nahe gleich gross. Das Eigengewicht des Eisens, das der Bruchfläche eines abgerissenen Stücks angehört, ist nicht ganz $\frac{1}{100}$ geringer, als desselben Eisenstücks an der ungestreckten Stelle; gleichwohl ist die Verschiebbarkeit in der Bruchfläche ausgetilgt, §. 13.

Die Cohäsion des Eisens scheint durch Strecken und Gärben zu einer ungleichen Vertheilung in ungleichen Richtungen gebracht werden zu können. Das Phänomen zeigt sich am klarsten bei dem öfters gegärbten englischen Eisen, welches sehr wenig Zusammenhaltigkeit querüber hat, so dass es nach der Länge gespalten werden kann (s. II. Thl. Nr. 18, 19). Dieser Umstand scheint die Existenz einer nicht schwächenden Undichtheit zu seyn, welche man bei

einigen Stücken des englischen und des gegärbten schwedischen Eisens trifft, §. 64. Das Phänomen scheint analog mit dem zu seyn, dass ein krystallisirter Körper allzeit nach gewissen Richtungen bricht (Durchgängen, Ablösungen, Krystallflächen) denn die Krystalle sind bei diesem Eisen in Fasern übergegangen.

Wenn diese Bemerkungen bei einer weitem Prüfung aushalten, und auch für andere Metalle als gültig erfunden werden, so scheint hieraus ein Zusammenhang zwischen Spannkraft, Verschiebbarkeit und Cohäsion sich zu ergeben, welcher einiges Licht auf die Lehre von den Eigenschaften fester Körper werfen dürfte. Bemerkenswerth ist, dass die Spannkrafts-Intensität, das Eigengewicht und die Cohäsion in so geringem oder fast gar keinem Zusammenhang mit der Verschiebbarkeit stehen, welche Eigenschaft hinwiederum genau verbunden scheint mit der Spannkraftsgrenze (oder was man oft Spannkraft selbst nennt) und der sogenannten absoluten Stärke. Die erstern gehören der Individualität des Metalls an; die letztere dem Zustande, in welchen durch äusserliche wirkende Kräfte — Wärmegrad, Spannung, Schlag, Druck — gesetzt, sie sich offenbaren. Die erstern bestimmen das Metall im Verhältniss zu andern Metallen; die letztere bestimmt seine verschiedenen Anlagen, und deren Hervorrufen zu verschiedenem Behuf. Ob die ersteren, welche man die wesentlichen Eigenschaften eines Metalls nennen könnte, unter sich einem ordnenden Princip gehorchen oder nicht, scheint für die Physik im Allgemeinen nicht gleichgültig zu seyn.



ZWEITER THEIL.

DIE VERSUCHE.



THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
1850-1851

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
1850-1851

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
1850-1851

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
1850-1851

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
1850-1851

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
1850-1851

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
1850-1851

N^{ro} 1. *)

Schwedisch ungegärbt gewalzt Rundeisen.

291,5 Dec. Lin. gaben im Mittel 20 Umwicklungen, ihre Breite war 2,0; unaufgewickelter Rest blieb 10,5 Linien.

Biegung. Abstand 600.		Drehung. 680.		Schwingung. 665.		Dehnung. Therm. zu Anfang 23°, am Schluss 24½°, Länge der Scala S+8,853 Uml. Stellungen der Mikroscope.				
2P	G	P	G	T	N	Spannung	I	IV	VII	X
0	+ 6¾	0	— 1¼ +	0	0	Stange	0,154	0,107	0,154	0,227
	5½		2¾		90	Scala	8,764	7,753	6,828	5,815
3	+ 12¼	3	1¼ +	1	90	Scala	0,400	0,350	0,279	0,275
	5		2⅝		91	Stange	9,031	7,980	6,964	5,854
6	17¼	6	3⅞	2	181	Mittel	8,625	7,638	6,680	5,583
	6		2⅝		91	Länge	0,228	1,215	2,175	3,270
9	23¼	9	6½	3	272	Neue Messung bei I. gab 0,177, 0,311, Mittel 8,608, 8,791, 8,913, Länge 0,245. Die Stange hatte sich also gestreckt um 0,017; bei X hätte sie also, wenn keine Streckung statt hatte, S+3,253 gewesen seyn müssen. Also hat sie sich durch IX um 3,025 gedehnt. — Nach XI fand man die Länge S+0,333 bei I neuer Spannung; die Stange erlitt also eine fernere Streckung.				
	5½		2⅝		91					
12	28¾	12	9⅞	4	363					
	5½		2⅝		91					
15	34¼	15	11¾	5	454	Streckung. Nach 24 war die Länge 674,6; zwischen 1 und 2: 111,8. Nach dem Zerreißen 113,7, 118,6, 110,1, 114,1, 114,0, 118,5. Totallänge 689.				
	5½ +		2⅝		91					
18	39¾ +	18	14¾	6	545	Zerreißen der Stange geschah am 2ten Fuss, d. h. zwischen 1 — 2; er trug 25, riss bei 26; beinahe gerade. Bruch überall faserig, weiss. Diameter mit gewöhnlichem Cirkel, im Mittel 3,00 H., 3,03 P. L.				
			1		91					
3 Horiz.		19	15¾	7	636					
3¼ nach 18.		0	— 1⅞		91					
3¾ — 18¾.		20	16¼ +	8	727					
18 Grenze.		0	— 1							
Grösse 33°.										
		18 Grenze.		In 60 Sekund. 182 einfache Schwingung. Wiederholt ebenso.						
		Grösse 15¾°.								

*) Siehe Anmerkung zu Nr. 3.

Nro 3. *)

Schwedisch ungegärbt gewalzt Rundeisen.

308,8 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,0; Rest 0,8.

Biegung.		Drehung.		Streckung.
Abstand 600.		659.		Länge der Stange nach 21 Schiffpfund Spannung:
2 P	G	P	G	
0	— $5\frac{2}{8}$	0	$4\frac{1}{2}$	105,2, 105,6, 105,4, 104,4, 104,3, 103,7.
3	0	18	$18\frac{3}{8}$	Nach dem Zerreißen:
6	$5\frac{4}{8}$ —	0	$4\frac{5}{8}$	118,6, 125,1, 121,1, 112,7, 110,6, 108,7.
9	$10\frac{7}{8}$	3	$7\frac{1}{8}$	
12	16	6	$9\frac{1}{2}$	Zerreißen.
15	$21\frac{3}{8}$	9	12	Die Stange trug 25, aber riss bei 26 Schiff-
3	$\frac{1}{4}$	12	$14\frac{1}{2}$	pfund, zwischen 1—2; bog sich etwas beim
18	$26\frac{3}{4}$	15	$16\frac{3}{4}$	Zerreißen nach einer Richtung; Bruch wie bei
3	$\frac{1}{4}$	18	$19\frac{3}{8}$	der Stange Nr. 2. Der Durchmesser an der
21	32	0	$4\frac{5}{8}$	zerrissenen Stelle war im Mittel 2,70 H.; 2,65
3	$\frac{1}{4}$ +	19	20	P. L.
23	$36\frac{1}{8}$	0	$4\frac{6}{8}$	
3	$\frac{3}{4}$	20	$20\frac{7}{8}$	
3 Horiz.		0	$4\frac{6}{8}$	
21 Grenze.		21	$21\frac{6}{8}$	
		0	$4\frac{6}{8}$	
		22	22	
		0	$4\frac{7}{8}$	
		23	$23\frac{1}{2}$ +	
		0	$4\frac{7}{8}$	
		24	$24\frac{5}{8}$	
		0	5	
		18—19 Grenze.		
		Grösse 18. $14\frac{6}{8}^0$.		

*) Um die Originalbeobachtungen vollständig zu geben, und zugleich Raum zu ersparen, waren einige Abkürzungen nöthig, welche jedoch, wie der Uebersetzer sich schmeichelt, keine Undeutlichkeit herbeiführen werden. Diese Anmerkung giebt einige Erläuterungen. Nach der Nummer der Stange kommt ihre Sorte, dann die Angabe, wie durch Umwicklungen der Durchmesser, nach S. 5. u. S. 44, bestimmt wurde. In den Columnen bedeutet *P* Gewichte in Pfunden; *G* Grade, auf welche der Weiser stand; *T* Zeit; *N* Zahl der Doppelschwingungen. Bisweilen sind Differenzen angegeben. Horiz. bedeutet, wie viel Pfunde erforderlich waren, um, nach Aufhebung der Senkung durch das eigene Gewicht der Stange, sie horizontal zu stellen (s. S. 47.). Grenze giebt das Gewicht, welches die Stange noch aushielt, ohne ihren ursprünglichen Zustand zu ändern. Grösse giebt an, wie viel sie sich bei dieser Grenze bog oder drehte. Senkung bedeutet, dass sie bisweilen eine permanente Biegung erlitten. Abstand ist Entfernung zwischen den Unterstützungs-Aufhängen und Befestigungspunkten. Bei der Dehnung bedeuten die römischen Zahlen Schiffpfunde, womit die Stange gespannt wurde. Die Einheit bei den andern Zahlen ist ein Schraubenumlauf; die Columnen beziehen sich auf die Beobachtungsart über die Länge der Stange, S. 72. ist sie an dem Beispiel Nr. 1. erklärt. Bei der Länge der Stange und Scala muss man immer in Gedanken *S* addiren. Bei der Schwingung ist bisweilen angegeben, womit die Stange beschwert worden, mit der Eisenbüchse etc. Anders bedeutet Wiederholung des Versuchs. Bei der Streckung ist die Länge der einzelnen 6 Füsse angegeben. H. bedeutet Hammar skjöld, P. L. Peter Lagerhielm, M. Muncktell. D. Uebers.

N^{ro} 4.

Schwedisch ungegärbt gewalzt Rundeisen.

310,1 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,1; Rest 9,7.

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Dehnung.				
Abstand 600.		658.		645.		Therm. Anfang 22 ¹ / ₂ ; Schluss 22 ³ / ₄ ; Scala bei IV: 8,853.				
2 P	G	P	G	T	N	Stellungen der Mikroscope.				
0	— 4	0	— 1 ³ / ₄	13'	0	Spannung	I	IV	VII	X
2 ¹ / ₂	+ 1 ¹ / ₄	18	+ 12		97	Stange	0,971	0,973	0,946	0,986
5	4 ¹ / ₈	0	— 1 ⁵ / ₈	14	97	Scala	1,662	9,513	8,500	7,521
7 ¹ / ₂	8 ¹ / ₄	3	+ 5 ⁵ / ₈		97	Scala	0,441	0,589	0,598	0,570
10	12 ³ / ₈	6	2 ⁷ / ₈	15	194	Stange	1,114	9,125	8,130	7,091
12 ¹ / ₂	16 ¹ / ₂	9	5 ¹ / ₈		97	Mittel	0,695	8,538	7,543	6,528
2 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	12	7 ³ / ₈	16	291	Länge	— 0,695	0,315	1,310	2,325
15	20 ¹ / ₂	15	9 ⁵ / ₈		97	Totale Dehn.				3,020
2 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	18	12	17	388					
17 ¹ / ₂	24 ⁵ / ₈	0	— 1 ⁵ / ₈		98					
2 ¹ / ₂	5 ⁵ / ₈	19	12 ⁵ / ₈	18	486					
20	28 ³ / ₄	0	— 1 ⁵ / ₈		97					
2 ¹ / ₂	5 ⁵ / ₈	20	+ 13 ¹ / ₂	19	583					
22 ¹ / ₂	33	0	— 1 ⁵ / ₈		97					
2 ¹ / ₂	1 ¹ / ₂	21	14 ³ / ₈	20	680					
		0	— 1 ¹ / ₂		97					
2 ¹ / ₂ Horiz.		22	15 ¹ / ₈	21	777					
15 — 17,5 Grz.		0	— 1 ¹ / ₂		98					
Grösse		23	16	22	875					
20. 32 ⁰ ,75,		0	— 1 ¹ / ₂		97					
od. 32,4 wegen		24	16 ⁷ / ₈	23	972					
Senkung.		0	— 1 ³ / ₈							
Anders										
4 Horiz.										
0. — 10,8.										
20. 21,9.										
Grösse 32,7.										

Bei X zeigte die Stange unter dem Stangen-
cirkel 0,091; bei I: 3,118; Dehnung 3,027,
also keine permanente Streckung.

Nach XI hatte sie 0,036 Streckung erlitten.

Streckung.

Länge der Stange nach 21 Schiffpfd. Span-
nung:
105,3, 106,2, 106,1, 105,3, 104,2, 103,9.

Nach dem Zerreißen:
116,5, 123,8, 120,2, 114,0, 109,0, 108,7.

Zerreißen

zwischen 1 — 2; trug 27, riss bei 27¹/₂; Bruch
wie Nr. 2. Durchmesser 2,93 H., 2,97 P. L.

Eisenbüchse.
Wiederholt.
In 8 Minuten
777 Doppel-
schwingun-
gen.

Grenze 21.
Grösse 15⁷/₈⁰.

Nro. 5.

Schwedisch ungegärbt gewalzt Rundeisen.

310,5 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,0; Rest 12,7.

Biegung.		Drehung.		Streckung.	Länge nach		
Abstand 600.		Abstand versäumt.			21 Schpfd.	29 Schpfd.	30 Schpfd.
2 P	G	P	G	zwischen 0—1 =	102,3	111,0	113,5
0	— 5 ¹ / ₄	0	+ 3 ³ / ₄	1—2 =	102,3	110,9	115,4
3 ¹ / ₈	+ ³ / ₄	18	18 ¹ / ₈	2—3 =	102,4	110,7	115,2
6 ¹ / ₄	5 ⁵ / ₈	0	3 ⁷ / ₈	3—4 =	102,5	111,2	116,2
9 ³ / ₈	10 ³ / ₄	3	6 ¹ / ₄	4—5 =	102,5	111,8	117,7
12 ⁷ / ₈	16 ⁷ / ₈	6	8 ⁵ / ₈	5—6 =	102,5	110,7	115,2
16 ¹ / ₈	22	9	11	Die Stange war nun zu lang, um in der Presse zerrissen werden zu können. Umgestaucht riss sie bei 28 Schiffpfd. in der Stauchung selbst. An den Enden gespalten und mit Keilen befestigt, zersprang sie in den Spalten. Aufs neue herausgenommen, ausgespitzt, zusammengelegt und in die Presse gebracht, trug sie lange 31 Schiffpfd., riss aber endlich. Beide Fusszeichen, 0—1 und 5—6, waren abgenommen. Die Streckung der übrigen war wie folgt: 1—2 = 116,30 2—3 = 115,90 3—4 = 116,75 4—5 = 120,00. Sie riss zwischen 4—5; war beinahe gerade, doch etwas gebogen. Der Bruch wie bei Nr. 2. Durchmesser 3,15 H., 3,15 P. L.			
3 ¹ / ₈	1	12	13 ¹ / ₂				
19 ³ / ₈	27 ¹ / ₂	15	15 ³ / ₄				
3 ¹ / ₈	1 ¹ / ₈	18	18 ¹ / ₈				
22 ⁵ / ₈	33 ¹ / ₂	0	3 ⁷ / ₈				
3 ¹ / ₈	2	19	19				
25 ⁷ / ₈	40 ¹ / ₄	0	3 ⁷ / ₈				
3 ¹ / ₈	2 ³ / ₄	20	20				
		0	3 ⁷ / ₈				
		21	20 ³ / ₄				
3 ¹ / ₄ Hor.		0	4				
16 ¹ / ₈ Grenze.		22	21 ⁵ / ₈				
Grösse 27°.		0	4 +				
Senkung ¹ / ₄ °.		23	22 ³ / ₄				
		0	4 ¹ / ₈				
		24	23 ⁵ / ₈				
		0	4 ³ / ₈				
		21 Grenze					
		Grösse 16 ³ / ₄ °.					

N^{ro} 6.

Schwedisch ungegärbt gewalzt Rundeisen.

310,8 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2 Lin.; Rest 6,1 Lin.

Biegung.		Drehung.		Schwingung		Dehnung.					
Abstand 600.		674.		655,2 Lin.		Therm. Anfangs 22°, Schluss 21¼°. Stange bei VII S+8,853.					
2P	G	P	G	T	N	Stellungen der Mikroscope.					
0	+ 2 ² / ₈	0	— 8 ² / ₈	22	0	Spannung	I	IV	VII	X	
2	5 ³ / ₈	18	+ 5	23	97	Stange	0,901	0,765	0,779	0,002	0,014
4	8 ³ / ₈	0	— 8 ¹ / ₈	24	195½	Scala	2,677	1,665	9,513	7,530	7,549
6	11 ⁴ / ₈	3	— 6	25	292	Scala	0,429	0,439	0,590	0,595	0,570
8	14 ⁵ / ₈	6	— 3 ⁶ / ₈	26	390	Stange	2,190	1,350	9,365	8,080	7,073
10	17 ⁶ / ₈	9	— 1 ⁵ / ₈	27	488	Mittel	1,796	0,905	8,763	7,519	
2	5 ⁵ / ₈	12	+ 5 ⁵ / ₈	28	585	Länge	— 1,796	0,905	0,095	1,334	
12	20 ⁷ / ₈	15	2 ⁷ / ₈	29	683						
2	5 ⁵ / ₈	18	5 +	30	781						
14	24	0	— 8 ¹ / ₈								
2	5 ⁵ / ₈	19	+ 5 ⁷ / ₈								
16	27 +	0	— 8 ¹ / ₈	Eisenbüchse							
2	5 ⁶ / ₈	20	+ 6 ⁵ / ₈	In 8 Minut.							
18	30 ¹ / ₈	0	— 8 ¹ / ₈	1562 einfache							
2	6 —	21	+ 7 ³ / ₈	Schwin-							
20	33 ⁶ / ₈	0	— 8 +	gungen.							
2	6 ⁵ / ₈	22	+ 8 ² / ₈	Wiederholt							
22	37 ¹ / ₈	0	— 8 +	ebenso.							
2	7	23	+ 9								
24	40 ⁶ / ₈	0	— 8								
2	7 ³ / ₈	24	+ 10								
		0	— 7 ⁷ / ₈								
2 Hor.		21 Grenze.									
16 Grenze.		Grösse 15½°.									
Grösse 24 ³ / ₈ °.											
Senkung 3 ³ / ₈ °.											
Anders											
3¼ Hor.											
Grösse *)											
16. 24°,35.											

*) Nachdem diese Stange Drehung, Schwingung und Dehnung durchgemacht hatte, wurde sie ¼ Zoll vor den Endstrichen abgehauen und aufs neue dem Dehnungsversuche unterworfen. Zur Horizontalität wurden erfordert 1 Pfd. 28 Lth.; der Weiser stand auf ½, ohne Gegengewicht stand er auf 3¼°, ohne Gegengewicht mit 16 Pfd. stand er auf 28¾. Also Biegung bei 16 Pfd. 25°. Nach diesem erforderte die Stange abermals 1 Pfd. 28 Lth. zur Horizontalität; 8 Pfd. ohne Gegengewicht bogen auf 16¼°, also um 12¾°. Die Stange wog 4⅔ Pfd.

N^{ro} 7.

Schwedisch ungegärbt gewalzt Rundeisen.

311,7 Lin. gaben 22 Umwickl.; Breite 2,2; Rest 3,9.

Biegung. Abst. 600.		Drehung. 670.		Streckung.	
				Länge der Stange nach 21 Schiffpfd.:	
2 P	G	P	G	zwischen 0—1 = 106,6	} = 623,3 Lin.
0	+ 2 ⁵ / ₈	0	— 5 ¹ / ₈	1—2 = 104,6	
3	8 ¹ / ₈	18	+ 11 ⁴ / ₈	2—3 = 104,1	
6	13 ⁴ / ₈	0	— 4 ⁵ / ₈	3—4 = 104,1	
9	18 ⁷ / ₈	3	— 2 ¹ / ₈	4—5 = 102,4	
12	24 ¹ / ₈	6	+ 4 ⁴ / ₈	5—6 = 101,5	} = 653,2 Lin.
15	29 ³ / ₈	9	3 ³ / ₈	Nach dem Zerreißen:	
3	8 ⁴ / ₈	12	6 +	0—1 = 122,1	
18	34 ⁶ / ₈	15	8 ⁷ / ₈	1—2 = 109,1	
3	8 ⁴ / ₈	18	11 ⁵ / ₈	2—3 = 107,8	
21	40 ¹ / ₈	0	— 4	3—4 = 107,3	} = 653,2 Lin.
3	8 ⁶ / ₈	19	+ 12 ³ / ₈	4—5 = 104,7	
23	44	0	— 4 ¹ / ₄	5—6 = 102,2	
3	8 ⁷ / ₈	20	+ 13 ³ / ₈	Zerreißen	
24	45 ⁷ / ₈	0	— 4 ¹ / ₄	geschah am ersten Fuss, d. h. zwischen 0—1,	
3	9 ² / ₈	21	+ 14 ³ / ₈	er trug 24, riss bei 25 Schiffpfd. Die Stange	} Der Durchmesser 2,55 H., 2,55 P. L., 2,60 M. Mittel 2,57.
3 Hor.		0	— 4 ¹ / ₄	war krumm. Bruch fein, silberweiss, aber an	
21 Grenze.		22	+ 15 ⁵ / ₈	einer Kante war eine weichere Faser.	
Grösse 36 ⁷ / ₈ °.		0	— 3 ⁷ / ₈		
Senkung 5 ⁵ / ₈ .		23	+ 16 ¹ / ₈		
		0	— 3 ⁷ / ₈		
		24	+ 18 ² / ₈		
		0	— 3 ⁵ / ₈		
		22 Grenze.			
		Grösse 19 ¹ / ₂ .			

N^{ro} 8.

Schwedisch ungegärbt gewalzt Rundeisen.

302,2 Lin. gaben 20 Umwickl.; Breite 2,1; Rest 13.

Biegung. Abst. 600.		Drehung. 667.		Streckung. Länge der Stange nach 21 Schiffpfd. Spannung:	
2 P	G	P	G		
0	+ 3 ⁶ / ₈	0	+ 11 ¹ / ₈	zwischen 0—1 = 102,6	} = 622,2 Lin.
2 ¹ / ₄	7 ² / ₈	18	24 ⁵ / ₈	1—2 = 102,9	
4 ¹ / ₂	11 —	0	11 ¹ / ₈	2—3 = 103,7	
6 ³ / ₄	14 ⁵ / ₈	3	13 ² / ₈	3—4 = 104,3	
9	18 ² / ₈	6	15 ⁴ / ₈	4—5 = 104,4	
11 ¹ / ₄	21 ⁷ / ₈	9	18 —	5—6 = 104,3	} = 696,5 Lin.
13 ¹ / ₂	25 ³ / ₈	12	20 ¹ / ₈	Nach dem Zerreißen: 0—1 = 107,6	
2 ¹ / ₄	7 ⁶ / ₈	15	22 ⁴ / ₈	1—2 = 109,1	
15 ³ / ₄	29 —	18	24 ⁵ / ₈	2—3 = 114,0	
2 ¹ / ₄	7 ⁶ / ₈	19	25 ³ / ₈	3—4 = 119,5	
18	32 ⁴ / ₈ —	0	11 ¹ / ₈	4—5 = 127,1	} = 696,5 Lin.
2 ¹ / ₄	7 ⁶ / ₈	20	26 ¹ / ₈	5—6 = 119,2	
20 ¹ / ₄	36 ¹ / ₈	0	11 ¹ / ₈	Zerreißen	
2 ¹ / ₄	7 ⁷ / ₈	21	27	geschah am 5ten Fuss, er trug 26, riss bei 27.	
22 ³ / ₄	40 ⁴ / ₈	0	11 ¹ / ₈ +	Die Stange krumm nach einer Richtung. Bruch	
2 ¹ / ₄	8 —	22	27 ⁶ / ₈	fein, silberweiss, etwas vermisch mit weichern	
2 ¹ / ₄ Hor.		0	11 ¹ / ₈ +	Fasern. Durchmesser 2,92 H., 2,85 M. Mit-	
20 ¹ / ₄ Grenze.		23	28 ⁵ / ₈	tel 2,89.	
Grösse 31 ³ / ₄ °.		0	11 ³ / ₈		
Senkung 5 ⁵ / ₈ °.		24	29 ⁴ / ₈		
		0	11 ⁴ / ₈		
		21 Grenze.			
		Grösse 15 ⁷ / ₈ °.			

N^{ro} 10.

Schwedisch ungegärbt gewalzt Rundeisen.

303,2 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,2; Rest 1,6.

Biegung. Abst. 600.		Drehung. 669.		Schwin- gung. 652,3.		Dehnung. Therm. Anfang 24½, Schluss 23½. Länge bei IV. S+8,853.							
2 P	G	P	G	T	N	Spannung		I		IV			
0	+ 3⅝	0	— 8⅜ +	6'	0	Stange	0,443	0,462	0,459	0,362			
2¼	8⅛	18	+ 5	7	97	Scala	0,910	0,906	8,732	8,740			
4¼	13⅜	0	— 8⅜	8	194	Scala	0,190	0,186	0,370	0,409			
6¾	17 —	3	— 6⅛	9	292	Stange	0,631	0,653	8,748	8,734			
9	20 —	6	— 3⅞	10	391	Mittel		0,455		8,325			
11¼	23⅝	9	— 1⅝	11	488	Länge		S — 0,455		S + 0,528			
13½	27⅛	12	+ ⅝	12	586								
2¼	9⅜	15	+ 2⅞	13	684								
15¾	30⅞	18	+ 5⅛	14	781								
2¼	9⅞	0	— 8⅜			Spannung		VII		X			
18	34	19	+ 6 —			Stange	0,340	0,388	0,360	0,333			
2¼	9⅞	0	— 8⅜			Scala	7,744	7,758	6,770	6,725			
20¼	37⅛	20	+ 6⅝			Scala	0,363	0,345	0,332	0,368			
2¼	9⅞	0	— 8⅜ —			Stange	7,709	7,698	6,712	6,746			
22½	41	21	+ 7⅞ —			Mittel		7,361		6,385			
2¼	10	0	— 8⅜ —			Länge		S + 1,492		S + 2,468			
2¼ Hor.		22	+ 8 +										
13½ Grenze.		0	— 8⅜ —										
Grösse 22½°.		23	+ 9										
Senkung 1⅛°		0	— 8⅜ —										
		24	+ 9⅞										
		0	— 8⅜ —										
		25	+ 10⅞										
		0	— 8⅜ —										
		26	+ 11⅜										
		0	— 8⅛										
		27	+ 12⅛										
		0	— 8⅛										
		26 Grenze. Grösse 19⅝°.											
						Eisen- büchse. In 8 Min. 1562einf. Schwin- gungen. Wieder- holt 1560. Th. 19°.							
						Spannung							
								I		IV			
						Stange	0,443	0,462	0,459	0,362			
						Scala	0,910	0,906	8,732	8,740			
						Scala	0,190	0,186	0,370	0,409			
						Stange	0,631	0,653	8,748	8,734			
						Mittel		0,455		8,325			
						Länge		S — 0,455		S + 0,528			
						Spannung							
								VII		X			
						Stange	0,340	0,388	0,360	0,333			
						Scala	7,744	7,758	6,770	6,725			
						Scala	0,363	0,345	0,332	0,368			
						Stange	7,709	7,698	6,712	6,746			
						Mittel		7,361		6,385			
						Länge		S + 1,492		S + 2,468			
						Totale Dehnung 2,923; direkte Messung 2,902. Also keine Streckung bei X; XI gaben 0,070 Streckung.							
						Streckung.							
						Fuss.	21 Sp.	24.	Zer- reissen.	Fuss.	21 Sp.	24.	Zer- reissen.
						1	106,4	113,7	113,5	4	106,9	118,3	118,0
						2	106,8	115,4	115,3	5	108,0	122,5	122,3
						3	106,8	116,1	116,0	6	107,7	120,0	—
						Zerreissen							
						geschah ausserhalb 5 mit 25; vorher gestreckt mit 24, abgehauen zwischen 5 — 6; umgestaucht. Wegen Dehnung länger bei 24, als nach dem Zerreissen. Bruch etwas dunkler als Nr. 4. Durch- messer 2,40 P. L., 2,42 H.							

N^{ro} 11.

Schwedisch ungegärbt gewalzt Rundeisen.

303,7 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,2; Rest 1,2.

Biegung.		Drehung.		Schwingung		Dehnung.																																																																																																																																				
Abst. 600.		667.		648.		Therm. Anf. 20 ³ / ₄ , Ende 21 ¹ / ₄ . Länge bei IV: 8,853.																																																																																																																																				
2 P	G	P	G	T	N																																																																																																																																					
0	+ 6 ³ / ₄	0	— 26 ⁵ / ₈	36	0	<table><tr><th>Spann.</th><th>I</th><th>IV</th><th>VII</th><th>X</th><th></th></tr><tr><td>Stange</td><td>0,051</td><td>0,114</td><td>0,032</td><td>0,251</td><td>0,205</td></tr><tr><td>Scala</td><td>0,570</td><td>8,373</td><td>7,350</td><td>6,520</td><td>6,527</td></tr><tr><td>Scala</td><td>0,549</td><td>0,709</td><td>0,738</td><td>0,575</td><td>0,590</td></tr><tr><td>Stange</td><td>1,057</td><td>8,981</td><td>8,023</td><td>6,870</td><td>6,913</td></tr><tr><td>Mittel</td><td>0,513</td><td>8,266</td><td>7,301</td><td>6,322</td><td></td></tr><tr><td>Länge</td><td>—0,513</td><td>0,587</td><td>1,552</td><td>2,531</td><td></td></tr><tr><td colspan="6">Neue Messung bei I gab:</td></tr><tr><td></td><td>0,210</td><td>0,262</td><td colspan="3"></td></tr><tr><td></td><td>0,655</td><td>0,668</td><td colspan="3"></td></tr><tr><td></td><td>0,470</td><td>0,457</td><td colspan="3"></td></tr><tr><td></td><td>0,847</td><td>0,882</td><td colspan="3"></td></tr><tr><td>Mittel</td><td></td><td>0,413</td><td colspan="3"></td></tr><tr><td>Länge</td><td></td><td>—0,413</td><td colspan="3"></td></tr><tr><td colspan="6">Die Streckung war also 0,100; wahre Länge bei X: 2,431; also wirkliche Dehnung von I—X: 2,944. Direkte Messung gab 2,984.</td></tr><tr><td colspan="6">Streckung.</td></tr><tr><th>Fuss.</th><th>21.</th><th>Zer-reissen.</th><th>Fuss.</th><th>21.</th><th>Zer-reissen.</th></tr><tr><td>1</td><td>109,1</td><td>124,0</td><td>4</td><td>108,9</td><td>116,6</td></tr><tr><td>2</td><td>111,0</td><td>121,3</td><td>5</td><td>108,5</td><td>114,6</td></tr><tr><td>3</td><td>109,4</td><td>117,4</td><td>6</td><td>106,7</td><td>110,7</td></tr><tr><td colspan="6">Zerreissen</td></tr><tr><td colspan="6">im ersten Fuss, trug 22, riss bei 23. Bruch etwas dunkler als bei Nr. 4. Durchmess. 2,425 P. L., 2,425 M., 2,450 H.</td></tr></table>	Spann.	I	IV	VII	X		Stange	0,051	0,114	0,032	0,251	0,205	Scala	0,570	8,373	7,350	6,520	6,527	Scala	0,549	0,709	0,738	0,575	0,590	Stange	1,057	8,981	8,023	6,870	6,913	Mittel	0,513	8,266	7,301	6,322		Länge	—0,513	0,587	1,552	2,531		Neue Messung bei I gab:							0,210	0,262					0,655	0,668					0,470	0,457					0,847	0,882				Mittel		0,413				Länge		—0,413				Die Streckung war also 0,100; wahre Länge bei X: 2,431; also wirkliche Dehnung von I—X: 2,944. Direkte Messung gab 2,984.						Streckung.						Fuss.	21.	Zer-reissen.	Fuss.	21.	Zer-reissen.	1	109,1	124,0	4	108,9	116,6	2	111,0	121,3	5	108,5	114,6	3	109,4	117,4	6	106,7	110,7	Zerreissen						im ersten Fuss, trug 22, riss bei 23. Bruch etwas dunkler als bei Nr. 4. Durchmess. 2,425 P. L., 2,425 M., 2,450 H.					
Spann.	I	IV	VII	X																																																																																																																																						
Stange	0,051	0,114	0,032	0,251	0,205																																																																																																																																					
Scala	0,570	8,373	7,350	6,520	6,527																																																																																																																																					
Scala	0,549	0,709	0,738	0,575	0,590																																																																																																																																					
Stange	1,057	8,981	8,023	6,870	6,913																																																																																																																																					
Mittel	0,513	8,266	7,301	6,322																																																																																																																																						
Länge	—0,513	0,587	1,552	2,531																																																																																																																																						
Neue Messung bei I gab:																																																																																																																																										
	0,210	0,262																																																																																																																																								
	0,655	0,668																																																																																																																																								
	0,470	0,457																																																																																																																																								
	0,847	0,882																																																																																																																																								
Mittel		0,413																																																																																																																																								
Länge		—0,413																																																																																																																																								
Die Streckung war also 0,100; wahre Länge bei X: 2,431; also wirkliche Dehnung von I—X: 2,944. Direkte Messung gab 2,984.																																																																																																																																										
Streckung.																																																																																																																																										
Fuss.	21.	Zer-reissen.	Fuss.	21.	Zer-reissen.																																																																																																																																					
1	109,1	124,0	4	108,9	116,6																																																																																																																																					
2	111,0	121,3	5	108,5	114,6																																																																																																																																					
3	109,4	117,4	6	106,7	110,7																																																																																																																																					
Zerreissen																																																																																																																																										
im ersten Fuss, trug 22, riss bei 23. Bruch etwas dunkler als bei Nr. 4. Durchmess. 2,425 P. L., 2,425 M., 2,450 H.																																																																																																																																										
2 ¹ / ₂	10 ³ / ₄	18	13 +	37	96 ¹ / ₂																																																																																																																																					
5	14 ³ / ₄	0	26 ⁵ / ₈	38	193 ¹ / ₂																																																																																																																																					
7 ¹ / ₂	18 ³ / ₄	3	24 ¹ / ₂	39	291																																																																																																																																					
10	22 ³ / ₄	6	22 ¹ / ₈	40	387 ¹ / ₂																																																																																																																																					
12 ¹ / ₂	26 ³ / ₄	9	19 ⁷ / ₈	41	485 ¹ / ₂																																																																																																																																					
2 ¹ / ₂	10 ⁷ / ₈	12	17 ⁵ / ₈	42	582																																																																																																																																					
15	30 ³ / ₄ +	15	15 ³ / ₈	43	679																																																																																																																																					
2 ¹ / ₂	10 ⁷ / ₈ +	18	13 +	44	775 ¹ / ₂																																																																																																																																					
17 ¹ / ₂	34 ³ / ₄	0	26 ⁵ / ₈	45	872 ¹ / ₂																																																																																																																																					
2 ¹ / ₂	11 —	19	12 ¹ / ₄																																																																																																																																							
20	38 ³ / ₄	0	26 ⁵ / ₈	Eisendose.																																																																																																																																						
2 ¹ / ₂	11 +	20	11 ¹ / ₂	9. 1745.																																																																																																																																						
22 ¹ / ₂	42 ¹ / ₂	0	26 ⁵ / ₈ —	Wiederholt																																																																																																																																						
2 ¹ / ₂	11 ¹ / ₈	21	10 ³ / ₄	9. 1747.																																																																																																																																						
23 ¹ / ₂	45	0	26 ¹ / ₂ +	Mittel																																																																																																																																						
2 ¹ / ₂	11 ¹ / ₂	22	9 ⁷ / ₈	9. 1746.																																																																																																																																						
25	47 ¹ / ₄	0	26 ¹ / ₂ +																																																																																																																																							
2 ¹ / ₂	12	23	9 ¹ / ₄																																																																																																																																							
27 ¹ / ₂	52 ¹ / ₂	0	26 ¹ / ₂																																																																																																																																							
2 ¹ / ₂	12 ¹ / ₂	24	8 ¹ / ₂																																																																																																																																							
		0	26 ¹ / ₂ —																																																																																																																																							
2 ¹ / ₂ Horiz.		25	7 ¹ / ₄																																																																																																																																							
17 ¹ / ₂ Grenze.		0	26 ³ / ₈ +																																																																																																																																							
Grösse		26	6 ⁷ / ₈																																																																																																																																							
20. 27 ³ / ₄ °.		0	26 ³ / ₈																																																																																																																																							
		27	6																																																																																																																																							
		0	26 ¹ / ₄																																																																																																																																							
		19—20 Grenze.																																																																																																																																								
		19. 14 ³ / ₈ °.																																																																																																																																								

N^{ro} 12.

Schwedisch ungegärbt gewalzt Rundeisen.

304 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,2; Rest 11,1.

Biegung. Abst. 600.		Drehung. 680.		Streckung.		
2 P	G	P	G	Länge nach	21 Schiffpfd.	Zerreissen.
0	+ 6 ³ / ₄	0	+ 2 ¹ / ₄	zwischen 0—1 =	105,7	112,7
2 ¹ / ₄	11 ¹ / ₄	18	17 ³ / ₄	1—2 =	107,3	121,1
4 ¹ / ₂	15 ³ / ₈	0	2 ³ / ₈	2—3 =	107,0	125,3
6 ³ / ₄	19 ³ / ₄	3	5	3—4 =	105,7	113,3
9	23 ⁷ / ₈	6	7 ¹ / ₂	4—5 =	105,3	111,3
11 ¹ / ₄	28	9	10	5—6 =	104,3	108,7
13 ¹ / ₂	32 ¹ / ₈	12	12 ¹ / ₂	Zerreissen geschah am 3ten Fuss; er trug 24, riss bei 25. Bruch fein, silberweiss. Stange krumm gedreht. Rissfläche im Durchmesser 2,65 M., 2,69 H. Mittel 2,67.		
2 ¹ / ₄	11 ¹ / ₂	15	15 ¹ / ₄			
15 ³ / ₄	36 ¹ / ₄	18	17 ³ / ₄			
2 ¹ / ₄	11 ⁵ / ₈	0	2 ¹ / ₂ —			
18	40 ³ / ₈	19	18 ³ / ₈			
2 ¹ / ₄	11 ³ / ₄	0	2 ¹ / ₂			
20 ¹ / ₄	44 ³ / ₄	20	19 ¹ / ₂			
2 ¹ / ₄	11 ⁷ / ₈	0	2 ¹ / ₂			
22 ¹ / ₂	49 ⁵ / ₈	21	20 ³ / ₈			
2 ¹ / ₄	12 ⁷ / ₈	0	2 ¹ / ₂			
2 ¹ / ₄ Horiz. 13 ¹ / ₂ Grenze. Grösse 13 ¹ / ₂ 25 ¹ / ₈ .		22	21 ¹ / ₈			
		0	2 ¹ / ₂			
		23	22 ¹ / ₈			
		0	2 ¹ / ₂ +			
		24	23			
		0	2 ⁵ / ₈			
		22 — 23 Grenze. Grösse 22. 18 ⁵ / ₈ .				

N^{ro} 13.

Schwedisch ungegärbt gewalzt Rundeisen.

297,6 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,0; Rest 7,1.

Biegung. Abst. 600.		Drehung. 670.		Streckung.		
2 P	G	P	G	Länge nach	21 Schiffpfd.	Zerreißen.
0	+ 6 ³ / ₈	0	— 8 ¹ / ₈	zwischen 0—1 =	118,0	114,3
2 ¹ / ₂	10 ³ / ₄	18	+ 7 ³ / ₈	1—2 =	112,4	116,9
5	15 ¹ / ₄	0	— 8	2—3 =	114,7	126,8
7 ¹ / ₂	20	3	— 5 ¹ / ₂	3—4 =	113,3	118,9
10	24 ³ / ₄	6	— 2 ⁷ / ₈	4—5 =	113,8	119,0
12 ¹ / ₂	29 ¹ / ₄	9	— 3 ³ / ₈	5—6 =	113,0	117,5
2 ¹ / ₂	11 ¹ / ₈	12	+ 2 ¹ / ₄	Zerreißen geschah am 3ten Fuss, er trug 21, aber riss bei 22 Schiffpfd. Die Bruchfläche gleich, silberweiss. Die Stange gerade. Die Zusammenziehung an der zerreisenden Stelle war grösser als gewöhnlich.		
15	33 ⁷ / ₈	15	+ 4 ³ / ₄ +			
2 ¹ / ₂	11 ¹ / ₈	18	+ 7 ³ / ₈			
17 ¹ / ₂	38 ³ / ₈	0	— 8 —			
2 ¹ / ₂	11 ¹ / ₈	19	+ 8 ¹ / ₄			
20	43 ¹ / ₄	0	— 8 —			
2 ¹ / ₂	11 ¹ / ₄	20	+ 9 ¹ / ₈			
22 ¹ / ₂	48	0	— 8 —			
2 ¹ / ₂	12 ¹ / ₈	21	+ 10 —			
25	54 ¹ / ₄	0	— 8 —			
2 ¹ / ₂	13 ³ / ₈	22	+ 11 —			
2 ¹ / ₂ Hor. 17,5 — 20 Grenze. Grösse 17,5. 31 ⁵ / ₈ °. Senkung 3 ³ / ₈ .		0	— 7 ⁷ / ₈			
		23	+ 12			
		0	— 7 ⁷ / ₈			
		24	+ 12 ⁷ / ₈			
		0	— 7 ³ / ₄			
		21 — 22 Grenze. Grösse 21. 18° —				

N^{ro} 14.

Schwedisch ungegärbt gewalzt Rundeisen.

296,9 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,0; Rest 2,8.

Biegung. Abst. 600.		Drehung. Abstand versäumt.		Streckung.		
2 P	G	P	G	Länge nach	21 Schiffpfd. Spannung.	25 Schiffpfd. Spannung.
0	+ 6	0	+ $\frac{5}{8}$ +	zwischen 0—1 =	106,5	118,8
2 $\frac{1}{2}$	10 $\frac{3}{4}$	18	15 $\frac{1}{2}$	1—2 =	106,5	118,7
5	15	0	$\frac{5}{8}$ +	2—3 =	107,2	123,8
7 $\frac{1}{2}$	19 $\frac{1}{4}$	3	3 $\frac{1}{8}$	3—4 =	106,5	116,9
10	23 $\frac{3}{4}$	6	5 $\frac{5}{8}$	4—5 =	106,5	118,3
12 $\frac{1}{2}$	28 $\frac{1}{8}$	9	8 $\frac{1}{8}$	5—6 =	106,0	115,3
2 $\frac{1}{2}$	10 $\frac{7}{8}$	12	10 $\frac{5}{8}$			
15	32 $\frac{1}{4}$	15	13 $\frac{1}{8}$			
2 $\frac{1}{2}$	11	18	15 $\frac{5}{8}$			
17 $\frac{1}{2}$	36 $\frac{3}{4}$	0	$\frac{5}{8}$ +			
2 $\frac{1}{2}$	11	19	16 $\frac{3}{8}$			
20	41 $\frac{1}{4}$	0	$\frac{5}{8}$ +			
2 $\frac{1}{2}$	11 $\frac{1}{8}$	20	17 $\frac{3}{8}$ —			
22 $\frac{1}{2}$	45 $\frac{7}{8}$	0	$\frac{5}{8}$ +			
2 $\frac{1}{2}$	11 $\frac{1}{8}$	21	18 $\frac{1}{8}$ +			
25	50 $\frac{5}{8}$	0	$\frac{5}{8}$ +			
2 $\frac{1}{2}$	14 $\frac{1}{2}$	22	19 $\frac{1}{8}$ —			
25 $\frac{1}{2}$	54 $\frac{7}{8}$	0	$\frac{5}{8}$ +			
2 $\frac{1}{2}$	14 $\frac{1}{2}$	23	20			
		0	$\frac{5}{8}$ +			
2 $\frac{1}{2}$ Hor.		24	20 $\frac{7}{8}$ —			
15 Grenze.		0	$\frac{3}{4}$ —			
Grösse 15. 26.		25	21 $\frac{6}{8}$			
Senkung $\frac{1}{4}$.		0	$\frac{7}{8}$			
		23—24 Grenze.				
		Grösse 23. 19 $\frac{3}{8}$.				

Zerreissen.

Nach 25 Schiffpfd. Belastung war die Stange zu gross, um zerrissen werden zu können; sie wurde abgehauen, gespalten und mit Keilen befestigt. Sie trug 26, aber riss bei 27. Nach dem Umstauchen brach sie bei 28 Schiffpfd. an der Stauchung.

N^{ro} 15.

Schwedisch ungegärbt gewalzt Rundeisen.

298,1 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,0.

Biegung. Abstand 600.		Drehung. 671.		Streckung.		
2 P	G	P	G	Länge nach	21 Schiffpfd. Spannung.	Zerreissen.
0	— 1 ⁷ / ₈	0	+ 18 ¹ / ₄	zwischen 0—1 =	102,8	107,7
2	+ 2 —	18	33 ¹ / ₄	1—2 =	103,9	116,3
4	5 ¹ / ₈	0	18 ³ / ₈	2—3 =	104,6	126,0
6	8 ⁵ / ₈	3	21	3—4 =	104,3	116,0
8	12 —	6	23 ³ / ₈	4—5 =	103,6	111,4
10	15 ³ / ₈	9	26 ⁷ / ₈	5—6 =	103,3	109,5
12	18 ⁷ / ₈	12	28 ³ / ₈			
14	22 ¹ / ₈	15	30 ³ / ₄			
2	2 +	18	33 ¹ / ₄	Zerreissen geschah am 3ten Fuss, er trug 26, riss bei 27 Schiffpfd. Die Stange war gebogen ohne Windung. Der Bruch zwar fein, silberweiss, zeigte jedoch, dass fast die halbe Stange von weicherm Eisen war. Der Durchmesser der Rissfläche, mit gewöhnlichem Cirkel gemessen, war im Mittel 3,30 M., 3,27 P. L., 3,35 H.		
16	25 ¹ / ₂	20	35			
2	2 ¹ / ₈	0	18 ³ / ₈			
18	29 —	21	36			
2	2 ¹ / ₄	0	18 ³ / ₈ +			
20	32	22	36 ⁷ / ₈			
2	2 ⁵ / ₈	0	18 ¹ / ₂ —			
22	37 ³ / ₈	23	38			
2	3	0	18 ¹ / ₂ +			
2 Hor.		24	39 ¹ / ₄			
14 Grenze.		0	18 ³ / ₄			
Grösse 14. 23 ⁷ / ₈ .		20 — 21 Grenze.				
Senkung 1 ¹ / ₈ .		Grösse 20. 16 ⁵ / ₈ .				

N^{ro} 16.

Bestes englisches Cable Bolt.

294,3 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,7; Rest 7,7.

Biegung. Abst. 650.		Drehung. 692.		Schwingung.					
				Büchse allein. Abst. 668.		Büchse u. Eisenscheibe. 668.		Eisenscheibe allein. 675.	
2 P	G	P	G	T	N	T	N	T	N
0	— 8,8	0	— 24,9	9' 30"	0	2' 0"	0	41' 30"	0
15	+ 32	5	20,0	10 0	41	30	33	42 0	52 +
0	— 8,3	0	24,9	30	83½	3 0	66½	30	105
16	+ 34,8	6	19,0	11 0	124½	30	99½	43 0	158
0	— 8,3	0	24,9	30	167½	4 0	133	30	211½
17	+ 38,5	7	18,2	12 0	208½	30	166 +	44 0	263½
0	— 8,3	0	24,9	30	251½	5 0	199½	30	317
18	+ 40,8	8	17,0	13 0	293½	30	233	45 0	369½
0	— 8,3	0	24,9	30	335½	6 0	266	30	422½
19	+ 43,7	9	16,1	14 0	377	30	299½	46 0	475½
0	— 8,3	0	24,9	30	419	7 0	333 —	30	528½
20	+ 46,4	10	15,2	15 0	461	30	366 +	47 0	581½
0	— 8,3	0	24,9	30	503½	8 0	399½	30	634½
21	+ 49,2	11	14,2	16 0	545½	30	433	48 0	688
0	— 8,3	0	24,9	30	588½	9 0	466½	30	741
22	+ 52	12	13,2						
0	— 8,2	0	24,9						
23	+ 55	13	12,3						
0	— 8,2	0	24,9						
24	+ 57,9	14	11,3						
0	— 8,2	0	24,8						
25	+ 60,4	15	10,3						
0	— 7,9	0	24,8						
12	+ 25	16	9,0						
0	— 8,2	0	24,8						
26	+ 64,4	17	8,4						
0	— 7,6	0	24,7						
		18	7,2						
8¾ Grenze.		0	24,7						
21—22 Hor.		19	6,3						
21. 57,5°.		0	24,7						
		20	5,4						
		0	24,6						
		21	4,1						
		0	24,6						
		22	3,2						
		0	24,6						
		23	2,0						
		0	24,4						
		24	1,0						
		0	24,3						
		14 Grenze.							
		14. 13,5.							

Wiederholt: ebenso.

Therm. 15½°.

Nr^o 17 a.

Bestes englisches Cable Bolt.

307,7 Lin. gaben 22 Umwickl.; Breite 2,0; Rest 7,1.

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Dehnung.				
Abst. 600.		679.		665,7.		Therm. Anf. 22 ³ / ₄ ; Ende 24,75. Scala bei IV: 8,853.				
2 P	G	P	G	T	N					
0	20 ¹ / ₄ —	0	— 2 ³ / ₄	42'	0	Spannung	I	IV	VII	X
3	26 ³ / ₄ —	2	1 —	43	87	Stange	0,538	0,467	0,691	0,922
6	33 —	4	+ ³ / ₄	44	174	Scala	0,868	8,743	7,753	6,800
9	39 ¹ / ₄	6	2 ³ / ₄	45	262	Scala	0,231	0,359	0,352	0,291
12	45 ³ / ₄	8	4 ¹ / ₂	46	349	Stange	0,584	8,641	7,418	6,161
15	52 ¹ / ₂	10	6 ¹ / ₄	47	437	Mittel	0,341	8,279	7,064	5,874
3	27 ¹ / ₄	12	8 ¹ / ₄	48	524	Länge	— 0,341	0,574	1,789	2,979
18	59	14	10	49	612	Neue Spannung mit I gab: 0,691, 0,127 } Mittel 0,268. 0,967, 0,387 } Länge — 0,268.				
0	21	16	12 +	50	700 ¹ / ₂					
		0	— 2 ³ / ₄							
		17	+ 13							
2 Hor.		0	— 2 ³ / ₄	Eisenbüchse.		Die Stange hatte sich also gestreckt um 0,073. Wirkliche Länge bei X: 2,906; also totale Dehnung von I — X: 3,247. Totallänge der Stange: nach 24. 26. 27. 28. 634. 654. 665. 667. 687.				
15 Grenze.		18	+ 13 ³ / ₄	In 8 Min. 1401						
15. 31 ³ / ₄ °.		0	— 2 ³ / ₄	einf. Schwing.						
Senkg. ¹ / ₂ —.		19	+ 14 ³ / ₄	Wiederholt 8'						
		0	— 2 ³ / ₄	1400.		Streckung.				
		20	+ 16 —	Therm. 19°.						
		0	— 2 ³ / ₄							
		21	+ 17 —							
		0	— 2 ³ / ₄			Länge der Stange bei	24 Schpfd.	28 Schpfd.		
		22	+ 17 ³ / ₄ +			zwischen 0 — 1 =	105,3	112,0		
		0	— 2 ¹ / ₂ —			1 — 2 =	105,3	110,2		
		21—22 Grenze.				2 — 3 =	105,8	115,5		
		21. 19 ³ / ₄ .				3 — 4 =	105,8	115,8		
						4 — 5 =	105,8	116,1		
						5 — 6 =	106,0	117,2		
Die Stange wurde nun umgradirt, um in ihrem neuen Zustande als 17 b. untersucht zu werden.										

N^{ro} 17 b.

Bestes englisches Cable Bolt.

1778,4 Lin. gaben an 6 Stellen zusammen 137 Umwickl.; Breite 16,8; Rest 2,5.

Biegung. Abst. 650.		Drehung. 694.		Schwingung.		Dehnung.											
2P		P		Eisenbüchse allein Abst. 683.		Therm. 14; Länge der Scala S, aber bei VII: S+8,853.											
0	+	0	—	T		Stellungen der Mikroskope.											
18	51	6	9,2	5'	0"	I	VII	XIII		XIX							
0	$\frac{3}{4}$	0	17,1	30	0	Spannung	0,742	0,534	0,130	0,129	0,840						
19	$54\frac{3}{4}$	8	6,5	6	0	Stange	1,300	7,158	4,096	4,077	2,099						
0	$\frac{7}{8}$	0	17,1	30	109	Scala	0,808	0,954	0,000	0,028	0,014						
20	$57\frac{1}{8}$	10	4,0	7	0	Stange	1,379	7,588	3,956	3,958	1,260						
0	$\frac{7}{8}$	0	17,1	30	146	Mittel	0,564	6,629	3,950		1,253						
21	60	12	1,1	8	0	Länge	—0,564	2,224	4,903		7,600						
0	$\frac{7}{8}$	0	17,1	30	182½	Also wäre die Länge der Stange S+7,600, wenn keine Streckung statt hatte. Es gab aber eine neue Messung bei I:											
22	62,9	14	+ 1,6	9	0												
0	$\frac{7}{8}$	0	—17,1	10	0	0,809, 0,855 } Länge S—0,458. 1,260, 1,319 }											
23	65,9	16	+ 3,5	11	0												
0	$\frac{7}{8}$ +	0	—17,1	30	401½	Also hatte sich wirklich die Stange um 0,106 ge- streckt. Ihre wirkliche Länge (nach Abzug dieser Streckung) wäre also bei XIX: S+7,494. Ihre to- tale Dehnung von I bis XVIII also 8,058. Direkte Beobachtung gab 8,053. — Zwischen VI und XIX streckte sich die Stange ferner um 0,170.											
24	68	18	+ 7,2	30	438½												
0	0,9	0	—16,8	30	475!												
25	71	8	6,2	Wiederholt 1' 30"		Zerreißen.											
0	0,9	0	16,9	109.													
26	74,5	16—18 Grz.		Eisenbüchse und Eisenscheibe.		Die Stange trug 26, und hob 28, brach aber bei dieser Last nahe am umgestauchten Ende. Nach dem Zerreißen hatte keiner der Füße sich ver- längert. Die Stärke der Stange war also vermin- dert durch das Umstauchen. Nun wurde eine ga- belartige Vertiefung in die Stange gesägt, ein Keil darein gesetzt und die Stange in die Presse ge- bracht. Da brach sie dergestalt, dass das eine Ende der Gabel platt abging.											
0	0,9	16. 20,6°.		676.													
27	77,4			34'	30"	Die Stange trug 26, und hob 28, brach aber bei dieser Last nahe am umgestauchten Ende. Nach dem Zerreißen hatte keiner der Füße sich ver- längert. Die Stärke der Stange war also vermin- dert durch das Umstauchen. Nun wurde eine ga- belartige Vertiefung in die Stange gesägt, ein Keil darein gesetzt und die Stange in die Presse ge- bracht. Da brach sie dergestalt, dass das eine Ende der Gabel platt abging.											
0	0,9 +			35	0												
28	80,3			30	27½												
0	0,9 +			36	0												
2 Horiz.				30	56												
Neuer Nullpunkt *).				36	84½												
0	— 9,1			30	112½												
29	+ 74,6			37	0												
0	— 9,1			30	141!												
30	76			37	169½												
0	— 9,1			38	0												
31	79,1			30	198												
0	— 9			30	226½												
32	+ 77,4			39	0												
0	— 13,9			30	254½												
33	+ 80,3			30	283!												
0	— 13,2			Wiederholt 4. 227.													
2 Horiz.				Eisenscheibe allein													
30 Grenze.				676.													
30. 85,1°.				2'	0"							Die Stange trug 26, und hob 28, brach aber bei dieser Last nahe am umgestauchten Ende. Nach dem Zerreißen hatte keiner der Füße sich ver- längert. Die Stärke der Stange war also vermin- dert durch das Umstauchen. Nun wurde eine ga- belartige Vertiefung in die Stange gesägt, ein Keil darein gesetzt und die Stange in die Presse ge- bracht. Da brach sie dergestalt, dass das eine Ende der Gabel platt abging.					
				30	0												
				3	0												
				30	44½												
				30	89½												
				4	0												
				30	134½												
				30	179½												
				5	0												
				30	224½												
				30	269½												
				6	0												
				30	314½												
				7	0												
				30	359½												
				30	404½												
				30	449½												
				30	494½												

*) Der neue Nullpunkt musste angesetzt werden, weil die Gradtheilung zu Ende war. Ehe die Stange mit 32 Pfd. belastet wurde, war der Weiser verrückt worden; daher die Aenderung im Nullpunkt.

N^{ro} 18.

Bestes englisches Cable Bolt.

304,6 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,0; Rest 11,7 Lin.

Biegung. Abst. 600.		Drehung. 690.		Schwingung 675,7 Lin.		Dehnung. Therm. Anf. 22, Schluss 23. Scala S, bei II Schiffpfd. S+8,853.					
2P	G	P	G	T	N	Stellung der Mikroskope.					
0	— 5	0	+ 5 +	49'	0	Spann.	I	II	III	IV	V
2 ¹ / ₂	0	3	7 ⁵ / ₈	50	90	Stange	0,218	0,599	0,011	0,508	0,268
5	+ 4 ⁷ / ₈	6	10 ³ / ₈	51	179	Scala	0,535	9,373	7,367	8,396	7,818
7 ¹ / ₂	9 ⁷ / ₈	9	13	52	269	Länge	—0,317	0,079	1,497	0,962	1,303
10	14 ⁷ / ₈	12	15 ⁵ / ₈ +	53	359	Spann.	VI	VII	VIII	IX	X
12 ¹ / ₂	20	15	18 ³ / ₈ —	54	449	Stange	0,704	0,053	0,390	0,811	0,258
2 ¹ / ₂	5 ⁵ / ₈	18	21	55	539 ¹ / ₂	Scala	7,819	6,789	6,816	6,815	5,846
15	25	19	22 +	56	629	Länge	1,735	2,117	2,424	2,849	3,262
2 ¹ / ₂	7 ⁷ / ₈	0	5 ¹ / ₈	57	718 ¹ / ₂	Spann.	IX	VIII	VII	VI	V
17 ¹ / ₂	30 ¹ / ₄	20	23 —	58	808 ¹ / ₂	Stange	0,865	0,490	0,177	0,801	0,440
2 ¹ / ₂	1	0	5 ¹ / ₈	59	900	Scala	6,872	6,902	6,934	7,930	7,912
20	35 ¹ / ₈	21	23 ³ / ₄ +	60	989 ¹ / ₂	Länge	2,846	2,438	2,096	1,724	1,378
2 ¹ / ₂	1 ¹ / ₄	0	5 ¹ / ₄			Spann.	IV	III	II	I	XI
22 ¹ / ₂	41					Stange	0,047	0,586	0,280	0,910	0,724
2 ¹ / ₂	1 ³ / ₄					Scala	7,879	8,883	8,892	9,926	5,935
						Länge	1,018	0,553	0,238	—0,166	3,639
2 ¹ / ₂ Horiz.		20—21 Grenze		11'1979einf.		Endlich nochmals bei I: 0,950, 1,080, giebt die Länge S—0,130. Bei X, noch mehr bei XI, war also die Grenze überschritten. Nach X war Streck- kung 0,151, die wirkliche Dehnung bei 10 war also nur S+3,111; demnach zwischen 1 und 10 eine wirkliche Dehnung von ungefähr 3,410. Diess war eine der ersten Stangen, die gedehnt wurden.					
20 Grenze.		20. 17 ⁷ / ₈ °.		Schwingun- gen.							
20. 38 ⁷ / ₈ .				Wiederholt							
Senkung 1 ¹ / ₄ °.				10' 1795.							
Anders:				Eisenbüchse allein.		Streckung.					
3 Horiz.						Länge der Stange nach 21 Schiffpfd.:					
19 ¹ / ₂ +27,65						100,9, 100,0, 103,2, 100,2, 101,2, 102,2.					
0 — 10,7						Nach dem Zerreißen:					
20 +28,6						113,2, 113,9, 114,7, 114,7, 113,0.					
0 — 10,65						Diess an den 5 letzten Füßen.					
10 + 8,95						Zerreißen.					
0 — 10,6						Abgehauen, umgestaucht, riss sie bei 29 an der					
20 39,25						Umstauchung; gespalten, gekeilt, wieder in die					
Grenze über-						Presse gesetzt, riss sie bei 31; vollkommen gerade.					
schritten bei						Bruch wie Nr. 4, doch dunkler, etwas ins Rothe.					
19 ¹ / ₂ .						Durchmesser 3,00 M., 3,10 H., 3,10 P. L.					

N^{ro} 19. *)

Bestes englisches Cable Bolt.

308,3 Lin. gaben 22 Umwickl.; Breite 2,0; Rest 1,7.

Biegung. Abst. 600.		Drehung. 688.		Schwingung 675,7.		Dehnung. Therm. 23; Scala S, bei IX: S+8,853.					
						Stellungen der Mikroscope.					
2P	G	P	G	T	N	Spannung	I	IX	I. III	III. V	V. IX
0	— 3 $\frac{1}{4}$	0	— 6 $\frac{1}{8}$	49'	0	Stange	0,240	0,200	0,227	0,741	0,665
2	+ 1 $\frac{1}{2}$	3	3 $\frac{3}{8}$	50	88 $\frac{1}{2}$	Scala	0,956	6,813	0,865	1,620	2,280
4	4	6	7 $\frac{7}{8}$	51	177	Scala	0,118	0,307	0,191	0,226	0,847
6	7 $\frac{3}{4}$	9	+ 2 $\frac{1}{8}$	52	266	Stange	0,789	6,837	0,901	1,089	2,415
8	11 $\frac{1}{2}$	12	4 $\frac{5}{8}$	53	354	Länge	—0,694	2,281			
10	15 $\frac{1}{8}$	15	7 $\frac{5}{8}$	54	443	Dehnung		2,975	0,674	0,871	1,592
12	19 +	18	10 $\frac{1}{4}$	55	532 $\frac{1}{2}$	Summe der Dehnungen					3,137
2	7 $\frac{7}{8}$	0	— 6	56	621 $\frac{1}{2}$	Eine neue Messung bei I gab 0,190, 0,123 } also die Länge S — 0,773. 0,943, 0,917 }					
14	23 $\frac{1}{8}$	19	+ 11 $\frac{1}{2}$	57	710 $\frac{1}{2}$						
2	1 —	0	— 5 $\frac{7}{8}$	58	800	Der Unterschied von der ersten Messung ist bedeutend, Verkürzen konnte sich die Stange nicht; man nimmt also das Mittel: S — 0,733. Dieser Werth, verglichen mit der Länge der Stange 2,281 bei IX, giebt die Dehnung zwischen I und IX: 3,014. Diesen Werth halten wir für wahrscheinlicher, als den oben aus den zwischenlie- genden Spannungen erhaltenen, weil dort mehrere Be- obachtungen auch mehr Fehler enthalten.					
16	26 $\frac{3}{4}$	20	+ 12 $\frac{1}{8}$								
2	1 —	0	— 5 $\frac{7}{8}$	Eisenbüchse allein.		Ferner ergab sich die Länge der Stange nach X: S — 0,681, nach XI: S — 0,671, nach XII: S — 0,651. Also erlitt die ursprüngliche Spannkraft von X eine Ver- änderung.					
18	30 $\frac{3}{8}$	21	+ 13 $\frac{1}{4}$								
2	1 —	0	— 5 $\frac{3}{4}$	Wiederholt in 8' 1420.		Streckung. Die Länge der Stange nach 21 Schiffpfd.: 103,9, 104,0, 104,0, 103,9, 103,7, 103,4; nach 27 Schiffpfd.: 114,7, 115,1, 114,5, 114,5, 114,0, 112,2; nach dem Zerreißen: 115,0, 115,3, 114,4, 117,7, 112,4; der 6te Fuss abgehauen. Sie musste verkürzt werden, und wurde umgestaucht, riss bei 27 an der Stauchung. Jetzt wurde sie an einem Ende gespalten und ein Keil eingesetzt; dieser hielt.					
20	34 $\frac{1}{4}$	22	+ 14 $\frac{1}{8}$								
2	1 $\frac{1}{8}$	0	— 5 $\frac{5}{8}$	Th. + 18°.		Zerreißen unter 29, zwischen 3 und 4. Bruch wie bei Nr. 18. Die Gleichheit des Eisens, in dieser, so wie in der vorherge- henden Stange, erweist sich nicht bloß aus dem Maass der Verlängerung bei den 6 Fuss-Abtheilungen, sondern auch aus der vollkommenen Geradheit nach dem Zerreißen. Die Spalte, worin der Keil sass, öffnete sich noch mehr beim Reißen, und zeigte eine feine und äusserst gleiche Faserigkeit von vollkommen parallelen Fasern.					
22	38 $\frac{3}{4}$										
2	2	18—19 Grz.									
		18. 16 $\frac{1}{4}$ °.									
2 Horiz.											
18—20 Grenze.											
18. 33 $\frac{1}{8}$ +.											
Senkung — 1 $\frac{1}{2}$ °.											

*) Diess war die erste Stange, welche dem Dehnungsversuche unterworfen worden, daher war die Methode noch nicht fest, noch weniger die Uebung erworben, die zu so äusserst feinen Beobachtungen nöthig ist.

N^{ro} 20.

Bestes englisches Cable Bolt.

294,1 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,7; Rest 4,6.

Biegung. Abst. 650.		Drehung. 688.		Schwingung.					
2 P	G	P	G	Eisenscheibe allein. 652.		Eisenbüchse allein. 667,5.		Büchse und Scheibe. 667,5.	
0	— 9,1	0	— 1,3	T	N	T	N	T	N
19	+38,9	14	+11,9	58' 0"	0	18' 0"	0	38' 0"	0
0	— 8,9	0	— 1,3	30	53	30	43 $\frac{1}{2}$	30	33 $\frac{1}{2}$
20	+41,7	16	+13,8	59 0	106 +	19 0	87	39 0	67 $\frac{1}{2}$
0	— 8,9	0	— 1,3	30	159 $\frac{1}{2}$	20 0	130 $\frac{1}{2}$	30	101
21	+44,3	18	+15,8	60 0	213 +	20 0	173 $\frac{1}{2}$	40 0	134 $\frac{1}{2}$
0	— 8,9	0	— 1,3	30	266 $\frac{1}{2}$	21 0	217	30	168 $\frac{1}{2}$
22	+46,8	20	+17,6	61 0	320	22 0	260 $\frac{1}{2}$	41 0	202
0	— 8,9	0	— 1,2	30	373 $\frac{1}{2}$	23 0	304 $\frac{1}{2}$	30	235 $\frac{1}{2}$
23	+49,5	9	+ 7,5	62 0	427	24 0	347 $\frac{1}{2}$	42 0	269 $\frac{1}{2}$
0	— 8,9	0	— 1,0	30	480 $\frac{1}{2}$	25 0	391	30	303
24	+52,3	16—18 Grz.		63 0	534	26 0	434 $\frac{1}{2}$	43 0	336 $\frac{1}{2}$
0	— 8,5	16. 15,1.		30	587	27 0	478 $\frac{1}{2}$	30	370 $\frac{1}{2}$
11 $\frac{1}{2}$	+20,2	18. 17,0.		64 0	640	28 0	521 $\frac{1}{2}$	44 0	404 $\frac{1}{2}$
0	— 8,5	9. 8,5.				29 0	564 $\frac{1}{2}$	30	438 +
3 Horiz.		Winkel wie					608!	45 0	471 $\frac{1}{2}$
23—24 Grz.		die Gewichte.						30	505 $\frac{1}{2}$
23. 58,4°.								46 0	539
								30	572 $\frac{1}{2}$
								47 0	606 +
								30	640

Wiederholt: ebenso.

Streckung.

Die Länge der Stange war an den einzelnen 6 Fuss-Abtheilungen bei 21 Schiffpfd.:

104,2, 104,3, 104,6, 104,5, 104,5, 103,4;

nach dem Zerreißen:

112,2, 116,7, 120,0, 115,6, 115,3, 110,4.

Zerreißen

geschah am 3ten Fuss, d. h. zwischen 2 und 3, sie trug 25, riss bei 26; war vollkommen gerade. Der Bruch, wie gewöhnlich bei dieser Eisenart, fein, gleich, ins Rothe sich ziehend. Der Durchmesser, mit gewöhnlichem Cirkel, 3,07 M., 3,17 H.. 3,18 P. L.

N^{ro} 21.

Bestes englisches Cable Bolt.

294,6 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,9; Rest 2,9.

Biegung. Abst. 650.		Drehung. 689.		Schwingung.					
2 P	G	P	G	Bleischeibe allein. 677.		Eisen- u. Bleischeibe. 677.		Blei- u. Eisenscheibe und Büchse. 667.	
0	—10,7	0	+ 3,5	T	N	T	N	T	N
20	+40,8	14	16,1	50' 0"	0	20' 30"	0	18' 0"	0
0	—10,6	0	3,5	30	38 1/2	21 0	31 1/2	30	26
21	+43,2	16	17,6	51 0	77 1/2	30	63	19 0	51 1/2
0	—10,6	0	3,5	30	116	22 0	94 1/2	30	77 1/2
22	+46,3	18	19,4	52 0	154 1/2	30	126	20 0	103
0	—10,6	0	3,5	30	193 1/2	23 0	157 1/2	30	128 1/2
23	+48,4	20	21,6	53 0	232!	30	189 1/2	21 0	154 1/2
0	—10,1	0	3,5	30	270 1/2	24 0	220 1/2	30	180 1/2
11 1/2	+19	22	23,5	54 0	308 1/2	30	252 1/2	22 0	205 1/2
0	—10,2	0	3,5	30	348!	25 0	284	30	231 1/2
24	+51	24	25,1	55 0	386 1/2	30	315 1/2	23 0	257 1/2
0	—10	0	3,6	30	425 1/2	26 0	347	30	283!
		26	26,3	56 0	464!	30	379 1/2	24 0	308 1/2
2 1/2 Horiz.		0	3,6			27 0	410 1/2	30	334 1/2
22—23 Grenze.		28	29,0			30	442?	25 0	360 1/2
22. 56,9°.		0	3,8					30	386!
23. 58,5.		11	13,6	Therm. + 16 1/4°.					
11,5. 29,2.		13	15,5	Streckung.					
Also Biegungen wie d. Gewichte.		0	3,8	Länge der Stange bei 21 Schiffpfd.:					
		22—24 Grz.		103,0, 103,3, 103,4, 103,5, 103,5, 103,2;					
		22. 20°.		nach dem Zerreißen:					
		11. 9,8.		114,1, 115,3, 118,5, 123,4, 117,9, 115,5.					
				Zerreißen.					
				Am 4ten Fuss; sie trug 28, riss bei 29, war voll-					
				kommen gerade, und im Uebrigen in jeder Hinsicht voll-					
				kommen wie Nr. 20. Durchmesser der Rissfläche 3,22 M.,					
				3,25 H.					

294,6 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,7; Rest 0,1.

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Streckung.		
Abst. 650.		690.		682.				
2 P	G	P	G	T	N	Länge der Stange	bei 21 Schpfd.	nach dem Zerreißen.
0	— 8,8	0	+ 7,7	29' 30"	0			
20	+41,8	14	20	30 0	38½	zwischen 0—1 =	102,7	111,7
0	— 4,4	0	7,7	30	78 +	1—2 =	103,0	112,4
21	+44,2	16	21,6	31 0	117½	2—3 =	103,3	115,6
0	— 8,4	0	7,7	30	156½	3—4 =	103,3	116,3
22	+47,1	18	23,5	32 0	196	4—5 =	103,3	117,8
0	— 8,4	0	7,7	30	235	5—6 =	103,0	113,2
23	+49,4	20	25,1	33 0	274½			
0	— 8,4	0	7,7	30	314			
24	+52,5	22	27,1	34 0	353 +			
0	— 8,4	0	7,7	30	393			
25	+54,9	24	28,7	35 0	432			
0	— 8,4	0	7,7	30	471½			
26	+57,3	26	30,7	36 0	510½			
0	— 8	0	7,8	30	550½			
12½	+23,1	28	32,6	37 0	589½			
0	— 8	0	7,9	30	628½			
		12	18,5	38 0	668			
3 Hor.		0	7,9	30	707½			
25—26 Grz.				39 0	746½			
25. 63,3°.		24—26 Grz.		30	786!			
12,5. 31,1.		24. 21°.						
		12. 10,6.						
				Bleischeibe allein.				
				In 10' 1572 einfache Schwingungen.				
				Therm. 17°.				

N^{ro} 23.

Bestes englisches Cable Bolt.

294,6 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,7; Rest 3,8.

Biegung. Abst. 650.		Drehung. 688.		Schwingung. 676.		Streckung.		
2 P	G	P	G	T	N	Länge der Stange	bei 21 Schpfd.	nach dem Zerreissen.
0	— 10	0	— 7,6	55' 30"	0			
20	+ 41,5	14	+ 4,6	56 0	38½	zwischen 0 — 1 =	102,1	109,3
0	— 9,5	0	— 7,6	30	77	1 — 2 =	102,5	111,8
21	+ 44,4	16	+ 6,4	57 0	115½	2 — 3 =	102,5	112,3
0	— 9,5	0	— 7,6	30	154½	3 — 4 =	102,7	114,2
22	+ 47,1	18	+ 8,2	58 0	193½	4 — 5 =	102,9	118,3
0	— 9,5	0	— 7,6	30	232	5 — 6 =	102,7	114,0
23	+ 50	20	+ 10,3	59 0	271			
0	— 9,5	0	— 7,6	30	309½			
24	+ 52,3	22	+ 12,0	60 0	348½			
0	— 9,4	0	— 7,6	30	387½			
25	+ 55	24	+ 13,6	61 0	426			
0	— 9,1	0	— 7,6	30	464½			
11½	+ 20	26	+ 15,6	62 0	503½			
0	— 9,1	0	— 7,5	30	542½			
		28	+ 17,6	63 0	581½			
23 — 24 Grz.		0	— 7,5					
23. 59,5°.		30	+ 19,4	Bleischeibe allein.				
11,5. 29,1.		0	— 7,4	In 7' 30" 1163 ein-				
		12	+ 3,6	fache Schwingun-				
		14	+ 5,0	gen.				
		0	— 7,4	Therm. 17°.				
		24 — 26 Grz.						
		24. 21,2°.						
		12. 11,0.						

Zerreissen der Stange

geschah am 5ten Fuss, d. h. zwischen 4 und 5, sie trug 28, auch eben 29, riss aber bei diesem Gewicht; sie war vollkommen gerade, und gleich den vorhergehenden Stangen von derselben Sorte; sie hatte ein kleines Blatt an der Oberfläche bei der zerrissenen Stelle. Durchmesser, mit gewöhnlichem Cirkel, im Mittel 3,30 M., 3,25 H.

N^{ro} 24.

Bestes englisches Cable Bolt.

294,5 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,7; Rest 2,4.

Biegung. Abst. 650.		Drehung. 688.		Schwingung. 677.		Streckung.		
2 P	G	P	G	T	N	Länge der Stange	bei 21 Schpfd.	nach dem Zerreissen.
0	— 9,1	0	+ 7,0	19' 30"	0	zwischen 0—1 =	103,9	113,7
20	+ 42,3	14	19,6	20 0	38½	1—2 =	103,9	115,4
0	— 9,0	0	7,0	30	77½	2—3 =	103,6	114,4
21	+ 45,0	16	21,2	21 0	115½	3—4 =	103,2	111,3
0	— 9,0	0	7,0	30	154½	4—5 =	103,1	110,5
22	+ 47,6	18	23,3	22 0	192½	5—6 =	103,3	111,1
0	— 9,0	0	7,0	30	231½			
23	+ 50,6	20	25,0	23 0	270	Zerreissen		
0	— 9,0	0	7,0	30	308½	geschah am 3ten Fuss, mit einem Blätt-		
24	+ 53,4	22	27,1	24 0	347½	chen. Sie trug 26, auch 27, wobei je-		
0	— 8,9	0	7,1	30	386½	doch die Stange zuletzt zerriss; sie war		
25	+ 56,0	24	28,9	25 0	424½	wie die vorhergehende, ausser dass wäh-		
0	— 8,9	0	7,2	30	463½	rend des Streckens mehrere Blätter, wie-		
26	+ 58,6	10	16,0	26 0	502	wohl ganz dünne, wie Schuppen, sich öff-		
0	— 8,4	12	18,0	Bleischeibe allein. In 6' 30" 1004 einf. Schwingungen. Therm. 17°.				
12	+ 22,4	0	7,2					
0	— 8,4	20—22 Grz.						
3 Horiz.		20. 18°.						
23—24 Grz.		10. 8,8.						
23. 59,6°.								
24. 62,3.								
12. 30,8.								

N^{ro} 25.

Bestes englisches Cable Bolt.

294,7 Lin. gaben 21 Umwickl.; Breite 2,7; Rest 5.

Biegung. Abst. 650.		Drehung. 689.		Schwingung. 680.		Streckung.		
2 P	G	P	G	T	N	Länge der Stange	bei 21 Schpfd.	nach dem Zerreissen.
0	— 9,3	0	—10,4	39' 0"	0	zwischen 0—1 =	103,4	121,9
20	+42,0	14	+ 2,1	30	38	1—2 =	103,4	118,7
0	— 9,1	0	—10,4	40 0	76½	2—3 =	103,3	115,8
21	+44,7	16	+ 4,3	30	114½	3—4 =	103,3	115,8
0	— 9,1	0	—10,4	41 0	152½	4—5 =	103,3	116,1
22	+47,1	18	+ 6,2	30	191½	5—6 =	103,1	114,0
0	— 9,1	0	—10,4	42 0	229	Zerreissen geschah am ersten Fuss; trug 27, riss bei 28. Die Stange gerade und gleich den vorhergehenden, hatte viele Blätter auf der Oberfläche, aber nicht wo das Zerreissen geschah. Durchmesser 3,05 M., 3,04 P. L.		
23	+50,0	20	+ 8,0	30	267			
0	— 9,0	0	—10,4	43 0	305½			
24	+52,8	22	+10,0	30	343½			
0	— 8,9	0	—10,4	44 0	382			
11½	+20,4	24	+12,0	30	420 +			
0	— 8,8	0	—10,3	45 0	458½			
		26	+13,9	30	496½			
22—23 Grz.		0	—10,1	46 0	535			
22. 56,2°.		11	0,0	30	573			
23. 59,0.		13	+ 2,7	47 0	611½			
11,5. 29,2.		0	—10,1	30	649½			
				48 0	687½			
		22—24 Grz.						
		22.	20,4°.	Bleischeibe allein.				
		11.	10,1.	In 9' 1375 einfache Schwingungen.				
				Therm. 17°.				

Nro 26.

Schwedisches ungegärktes gewalztes Quadrateisen.

295,7 Lin. gaben 17 Umwickl.; Breite 1,7; Rest 13,3.

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Dehnung.				
Abst. 600.		696.		689,5.		Therm. 20°; am Schluss 207/8. Scala S; bei IX: S+8,853.				
2P	G	P	G	T	N	Stellungen der Mikroskope.				
0	— 1 ³ / ₈	0	+ 4 ⁷ / ₈	2' 30"	0	Spann.	I	V	IX	XIII
3	+ 2 ³ / ₄	20	19 ¹ / ₈	3 0	43 ¹ / ₂	Stange	0,989	0,301	0,506	0,070
6	5 ⁵ / ₈	0	5	30	87 ¹ / ₂	Scala	2,875	0,906	8,762	6,742
9	10 ⁵ / ₈	3	7 ¹ / ₈	4 0	131	Scala	0,245	0,198	0,362	0,388
12	14 ¹ / ₂	6	9 ¹ / ₄	30	175	Stange	2,127	0,792	8,613	7,017
15	18 ³ / ₈	9	11 ³ / ₈ +	5 0	219	Mittel	1,884	0,599	8,253	6,656
18	22 ³ / ₈	12	13 ¹ / ₂ +	30	262 ¹ / ₂	Länge	—1,884	—0,599	0,600	S+2,197
21	26 ¹ / ₄	15	15 ⁵ / ₈	6 0	306 ¹ / ₂	Eine neue Messung bei I gab: 0,577, 0,207 } also die Länge S—1,332. 1,907, 1,334 }				
24	30 ¹ / ₈	18	17 ⁷ / ₈ —	30	350 ¹ / ₂					
3	3	21	19 ⁷ / ₈	7 0	394 ¹ / ₂					
27	34 ¹ / ₈	0	5 +	30	438 ¹ / ₂					
3	3	24	22 ¹ / ₈	8 0	482 +	Die Stange streckte sich also um 0,552 (= 1,884—1,332); bei XIII hätte also die Länge S+1,645 seyn sollen. Demnach hat sich die Stange von I bis XIII gedehnt um 3,529. Eine direkte Messung gab 3,541.				
30	38	0	5 ¹ / ₈	30	526					
3	3 ¹ / ₄	27	24 ¹ / ₄	9 0	570					
33	42 ¹ / ₄	0	5 ¹ / ₂	30	614 ¹ / ₂					
3	3 ³ / ₄	30	28	10 0	657 ¹ / ₂	Streckung. Die Stange wurde mit 28 belastet, sie streckte sich aber so sehr, dass sie ab- gehauen und umgestaucht werden musste. Nach dem Umstauchen war ihre Länge bei 28 Schiffpfd.: 118,0, 113,3, 118,1, 112,3, 110,6 an den 5 letzten Füßen; hierauf zerriss sie an der Umstauchungsstelle.				
36	47	0	6	30	701 ¹ / ₂					
3	4 ⁵ / ₈			11 0	745 ¹ / ₂					
		24.	17° Grz.	30	789 ¹ / ₂					
3 Horiz.				12 0	833 +	Wiederholt 24. 31,9°. 12. 16,1. 2 ¹ / ₄ Horiz.				
27—30 Grz.				30	877					
24. 31 ¹ / ₈ °.				13 0	921					

Bleischeibe allein.

N^{ro} 27.

Schwedisches ungegärbtes gewalztes Quadrateisen.

295 Lin. gaben 17 Umwickl.; Breite 2,4; Rest 12,3.

Biegung.				Drehung.		Schwingung.		Streckung.		
Abst. 600.		650.		692.		691.		Länge der Stange	bei 28 Spf.	nach d. Zer- reissen.
2P	G	2P	G	P	G	T	N			
0	— $\frac{7}{8}$	0	—10,1	0	+6	49'	0"	0		
3	+3	25	+27,8	20	$20\frac{1}{2}$	30	$43\frac{1}{2}$			
6	$6\frac{1}{2}$	0	—10	0	$6\frac{1}{8}$	50	$87\frac{1}{2}$	zwischen 0—1 =	105,1	106,6
9	10+	26	+29,3	3	$8\frac{1}{8}+$	30	$131\frac{1}{2}$	1—2 =	105,4	105,9
12	$13\frac{5}{8}$	0	—10	6	$10\frac{3}{8}$	51	175	2—3 =	105,4	106,0
15	$17\frac{1}{8}$	27	+30,9	9	$12\frac{1}{2}$	30	219	3—4 =	106,3	107,0
18	$20\frac{3}{4}$	0	—10	12	$14\frac{1}{2}$	52	$262\frac{1}{2}$	4—5 =	107,8	109,2
21	$24\frac{1}{4}$	28	+32,4	15	$16\frac{5}{8}-$	30	$306\frac{1}{2}$	5—6 =	112,7	117,2
24	$27\frac{7}{8}$	0	—10	18	$19+$	53	350!			
3	$3\frac{1}{4}$	29	+34	21	$21\frac{1}{8}$	30	394			
27	$31\frac{3}{8}$	0	—10	0	$6\frac{1}{4}$	54	$437\frac{1}{2}$			
3	$3\frac{3}{8}$	30	+35,4	24	$23\frac{3}{8}$	30	482?			
30	$35\frac{1}{8}$	0	—10	0	$6\frac{1}{4}+$	55	$525\frac{1}{2}$			
3	$3\frac{5}{8}$	31	+37	27	$26\frac{3}{4}$	30	569			
33	$39\frac{1}{8}$	0	—10	0	$6\frac{5}{8}$	56	$656\frac{1}{2}$			
3	4+	32	+38,5	30	$29\frac{1}{4}$	57	700+			
		0	—10	0	8	30	744+			
		33	+40			58	$787\frac{1}{2}$			
$2\frac{1}{2}$ Horiz.		0	—10			30	832!			
27 Grenze.		34	+41,2	24 Grenze.		59	876—			
Grösse $31\frac{7}{8}$		0	—10	24. $17\frac{1}{8}^{\circ}$.						
Senkung $\frac{3}{8}$.		35	+43							
		0	—10							
		36	+44,1							
		0	—10							
		37	+45,9							
		0	—10							
		38	+47,7							
		0	—10							
		39	+49,5							
		0	—10							
		40	+51							
		0	—10							
		41	+53							
		0	—9,8							
		20	+20,8							
		0	—9,8							
		4 Horiz.								
		40—41 Grz.								
		40. 61° .								
		20. $30,6^{\circ}$.								

Zerreissen

geschah ausserhalb der Gradirung. Sie riss bei 29 Schiffpfd., und war sehr gebogen nach einer Richtung. Der Bruch fein, aber etwas dunkel; die Zusammenziehung sehr stark. Die Stange war fehlerhaft, zu warm gestaucht; diess war die Ursache, dass sie, bei übrigens mässiger Streckung, bei einer so ungewöhnlich geringen Belastung zerriss.

Die Seiten der Rissfläche waren: 2,40, 2,40 M.; 2,54, 2,54 H.

Bleischeibe allein.
In 9' 30" 1664 einfache Schwingungen.
Therm. $16\frac{1}{2}^{\circ}$.

N^{ro} 28.

Schwedisches ungegärbtes gewalztes Quadrateisen.

882 Lin. gaben 53 Umwickl.; Breite 7,8; Rest 15,8.

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Streckung.		
Abst. 650.		690.		681,5.				
2 P	G	P	G	T	N			
0	— 8,5	15	+17,3	52' 0"	0			
30	+44,4	0	6,2	30	43			
0	— 8,5	16	17,9	53	0	86		
31	+46,5	0	6,2	30	129			
0	— 8,5	17	18,2	54	0	171½		
32	+49,1	0	6,2	30	215			
0	— 8	18	19,2	55	0	258		
33	+51	0	6,2	30	301			
0	— 7,5	19	20,1	56	0	344 +		
15½	+20	0	6,2	30	387½			
0	— 7,5	20	21,1	57	0	430½		
		0	6,2	30	473½+			
3½ Horiz.		21	21,7	58	0	516½		
31—32 Grz.		0	6,2	30	560			
31. 55°.		22	22,5	59	0	602½		
		0	6,2	30	646			
		23	23,2	0	0	689		
		0	6,2	30	732½			
		24	23,9	1	0	775 +		
		0	6,2	30	818½			
		25	24,7	2	0	861½		
		0	6,2	30	905			
		26	25,6	3	0	948		
		0	6,3					
		27	26,2	Bleischeibe allein.				
		0	6,4	In 11' 1896 einf.				
		12½	15,5	Schwingungen.				
		0	6,4	Therm. 16°.				
		25—26 Grz.						
		25.	18,5.					
		12½.	9,1.					

Die Stange wurde mit 28 Schiffpfd. belastet, wobei sie so sehr sich streckte, dass sie nicht zerrissen werden konnte. Sie wurde aus der Presse genommen, und nun fand sich:

Länge	nach 28 Schpfd.	nach dem Zerreißen.
zwischen 0—1 =	119,0	120,8
1—2 =	115,6	115,6
2—3 =	115,1	115,1
3—4 =	113,3	113,1
4—5 =	114,3	114,4
5—6 =	112,6	—

Der 7te Fuss der Stange wurde ausgespitzt und umgefaltet, worauf er wiederum in die Presse eingesetzt und zuerst mit 28, dann mit 29 und zuletzt mit 30 Schiffpfd. gespannt wurde. Als die Stange sich zusammenkneipte, und demnach 30 Schiffpfd. nicht widerstehen konnte, wurden 2 von der Belastung weggenommen. Das Zusammenkneipen fuhr fort, doch ehe sie barst, wurden die Seiten des Querschnitts an der zusammengekneipten Stelle gemessen, und fanden sich 2,55, 2,45 P. L.; 3te Seite 2,55; 1ste Seite 2,35; Mittel 2,475 H.

N^{ro} 29.

Schwedisches ungegärbtes gewalztes Quadrateisen.

294,2 Lin. gaben 16 Umwickl.; Breite 2,5; Rest 15,5.

Biegung. Abst. 650.		Drehung. 695.		Schwingung. 683,5.		Streckung.		
2 P	G	P	G	T	N	Länge der Stange	nach 28 Schpfd.	nach dem Zerreißen.
0	— 9,2	15	— 9,2	18' 0"	0	zwischen 0 — 1 =	101,4	103,8
28	+31	0	—17,4	30	49½	1 — 2 =	101,4	103,8
0	— 9	16	— 8,5	19 0	99	2 — 3 =	101,9	105,8
30	+34	0	—17,4	30	148 +	3 — 4 =	102,5	109,0
0	— 9	17	— 7,9	20 0	197½	4 — 5 =	103,0	115,9
31	+35,6	0	—17,4	30	247 +	5 — 6 =	103,2	123,5
0	— 9	18	— 7,4	21 0	296½			
32	+36,9	0	—17,4	30	346			
0	— 9	19	— 6,8	22 0	395½			
33	+38,3	0	—17,4	30	445			
0	— 9	20	— 6,2	23 0	493½			
34	+39,7	0	—17,4	30	544			
0	— 8,7	21	— 5,6	24 0	593½			
16½	+15	0	—17,4	30	643			
0	— 8,7	22	— 5,3	25 0	692 +			
		0	—17,4	30	741½			
		23	— 4,8	26 0	791½			
3 Horiz.		0	—17,4	30	840½			
33 — 34 Grenze.		24	— 4	27 0	890½			
33. 47,3°.		0	—17,4	30	940			
16½. 23,7.		25	— 3,5	28 0	989			
		0	—17,4	30	1038½			
		26	— 2,9					
		0	—17,4					
		27	— 2,3					
		0	—17,4					
		28	— 1,8					
		0	—17,4					
		29	— 1,3					
		0	—17,4					
		30	— 0,6					
		0	—17,3					
		31	— 0,2					
		0	—17,3					
		32	+ 0,5					
		0	—17,3					
		33	+ 1,1					
		0	—17,3					
		34	+ 1,6					
		0	—17,3					
		35	+ 2,2					
		0	—17,3					
		36	+ 2,9					
		0	—17,2					
		14½	— 9,0					
		17½	— 7,3					
		0	—17,2					
		29 — 30 Grenze.						
		29. 16,1°.						
		14½. 8,2.						

Zerreißen

geschah am 5ten Fuss; er trug 38, riss bei 39.
Die Seiten der Rissfläche, mit gewöhnlichem
Cirkel gemessen, waren 3,75, 3,22 M.; 3,75,
3,10 P. L.

Bleischeibe allein.

In 10' 30" 2077

einfache Schwin-
gungen

Therm. 16°.

N^{ro} 30.

Schwedisches ungegärktes gewalztes Quadrateisen.

295 Lin. gaben 17 Umwickl.; Breite 2,5; Rest 14,2.

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Streckung.		
Abst. 600.		695.		685.				
2 P	G	P	G	T	N	Länge der Stange	nach 28 Schpfd.	nach dem Zerreißen.
0	— 2	0	—14 ⁷ / ₈ +	15' 0"	0	zwischen 0—1 = 1—2 = 2—3 = 3—4 = 4—5 = 5—6 =	103,8	112,4
4	+ 3 ¹ / ₈	20	³ / ₈	30	43 ¹ / ₂		103,8	111,2
8	8 ¹ / ₈	0	14 ⁷ / ₈ —	16 0	87		104,0	113,0
12	13	3	12 ⁵ / ₈	30	130 ¹ / ₂		104,0	112,7
16	18	6	10 ³ / ₈	17 0	173 ¹ / ₂		103,7	110,6
20	22 ⁷ / ₈	9	8 ³ / ₈	30	217		104,1	114,4
24	27 ³ / ₄	12	6 ¹ / ₈	18 0	260 ¹ / ₂			
4	3 ³ / ₈	15	3 ⁷ / ₈	30	303 ¹ / ₂			
28	32 ³ / ₄	18	1 ³ / ₄ +	19 0	347 ¹ / ₂			
4	3 ³ / ₈	21	+ ³ / ₈	30	391			
32	37 ³ / ₄	0	—14 ⁷ / ₈ —	20 0	434 ¹ / ₂			
4	3 ³ / ₄	24	+ 2 ⁵ / ₈	30	478			
36	43 ¹ / ₈	0	—14 ³ / ₄ —	21 0	521 ¹ / ₂			
4	3 ¹ / ₂	27	+ 5 —	30	564 ¹ / ₂			
40	49 ¹ / ₈	0	—14 ¹ / ₂ +	22 0	608			
4	5 ⁵ / ₈	30	+ 7 ¹ / ₂ +	30	651 ¹ / ₂			
4 Horiz.		0	—14 +					
28. 30.		33	+10 ¹ / ₂					
28. 34 ¹ / ₂ .		0	—13 ¹ / ₂					
Senkung ¹ / ₄ .								
Neu 650.		21 Grenze		Bleischeibe allein.		Zerreißen		
		21. 15 ¹ / ₄ ° —.		In 7' 30" 1303 einfache Schwingungen.				
				Therm. 16 ¹ / ₂ °.		geschah ausserhalb der Eintheilung. Die Stange trug 35, aber brach bei 36. Der Bruch schielte ins Rothe, hatte aber eine feine, dichte, sammetähnliche Faser. Die Seiten der Rissfläche waren 3,00, 3,00 M.; 3,11, 3,11 H.		
0	— 8,2							
25	+ 31							
0	— 8							
26	+ 32,4							
0	— 8							
27	+ 34							
0	— 8							
28	+ 35,8							
0	— 8							
29	+ 37,4							
0	— 7,8							
14	+ 14,2							
0	— 7,8							
1 ¹ / ₂ Horiz.								
28. 29.								
28. 43,8°.								

N^{ro} 31.

Schwedisches ungegärktes gewalztes Quadrateisen.

295,7 Lin. gaben 17 Umwickl.; Breite 2; Rest 13,4.

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Dehnung.				
Abst. 600.		691.		688.		Therm. Anf. 20 ¹ / ₃ , Ende 20 ¹ / ₂ . Länge der Scala bei IX: S+8,853.				
						Stellungen der Mikroskope.				
2P	G	P	G	T	N	Spannung	I	V	IX	XIII
0	— 1 ³ / ₈	0	— 8 ¹ / ₂	3' 30"	0	Stange	0,089	0,206	0,357	0,682
3	+ 2 ¹ / ₄	20	+ 5 ³ / ₈	4 0	44 +	Scala	1,917	0,919	8,783	7,770
6	5 ⁷ / ₈	0	— 8 ³ / ₈	30	88 +	Scala	0,198	0,200	0,330	0,352
9	9 ¹ / ₄	3	6 ³ / ₈	5 0	132!	Stange	2,039	0,909	8,740	7,440
12	12 ⁵ / ₈	6	4 ³ / ₈ —	30	176 +	Mittel	1,834	0,711	8,418	7,088
15	16	9	— 2 ¹ / ₄	6 0	220 +	Länge	—1,834	—0,711	0,435	1,765
18	19 ⁵ / ₈	12	+ 1 ¹ / ₄	30	264 ¹ / ₂	Neue Messung bei I gab: 0,219, 0,200, Mittel 1,692, 1,915, 1,886, Länge S—1,692. Die Stange hatte sich also wirklich um 0,143 gestreckt; die wahre Länge der Stange bei XIII hatte also S+1,162 seyn sollen; sie hat sich demnach von I—XIII um 3,456 gedehnt. Direkte Messung gab 3,466.				
21	23	15	2 ⁵ / ₈ —	7 0	308 ¹ / ₂					
24	26 ¹ / ₂	18	4	30	352 ¹ / ₂					
3	2 ¹ / ₂	21	6	8 0	396 ¹ / ₂					
27	30	0	— 8 ³ / ₈	30	441!					
3	2 ¹ / ₂ +	24	+ 8 ¹ / ₈	9 0	485 +					
30	33 ³ / ₈	0	— 8 ³ / ₈	30	529 +					
3	2 ⁵ / ₈	27	10 ¹ / ₂	10 0	573 ¹ / ₂					
33	37 —	0	— 8 ¹ / ₄	30	617 ¹ / ₂					
3	3	30	+ 13 ¹ / ₈	11 0	661 ¹ / ₂					
36	40 ³ / ₄	0	— 7 ⁷ / ₈	30	706—	Streckung.				
3	3 ¹ / ₄	33	+ 15 ⁷ / ₈	12 0	750					
39	45 ⁷ / ₈	0	— 7,0	30	794 +					
3	4 —			13 0	838 +					
				30	882 ¹ / ₂					
				14 0	926 ¹ / ₂					
3 Horiz.		27 Grenze.				Zerreißen geschah am 2ten Fuss, er trug 30, riss bei 31 Schiffpfd. Die Stange etwas krumm nach einer Richtung. Der Bruch zwar fein und gleich, aber weniger silberweiss, als bei allem weichen Eisen. Die Seiten der Bruchfläche 2,65, 2,60 M.; 2,60, 2,73 H. Mittel 2,65.				
27 Grenze.		27. 18 ³ / ₄ °.								
27. 31 ¹ / ₈ °.										
Senkung 1 ¹ / ₄ °.										
Wiederholt										
3 ¹ / ₄ Horiz.										
24. 27,95°.										
12. 13,85.										

Bleischeibe allein.		
In 10' 30" 1853 einfache Schwingungen.		
Therm. 16 ¹ / ₂ °.		

Bleischeibe allein.

In 10' 30" 1853
einfache Schwin-
gungen.Therm. 16¹/₂°.

N^{ro} 32.Bestes englisches Eisen $\frac{1}{2}$ Zoll Quadrat.

294,3 Lin. gaben 17 Umwickl.; Breite 2,6; Rest 14,7.

Biegung. Abst. 650.		Drehung. 695.		Schwingung. 688.		Streckung.		
2 P	G	P	G	T	N	Länge der Stange	bei 28 Schpfd.	nach dem Zerreißen.
0	— 9,1	15	— 6,4	47' 0"	0			
24	34	0	18	30	41 $\frac{1}{2}$	zwischen 0—1 =	106,7	117,1
0	— 9	16	5,6	48 0	83	1—2 =	106,5	113,3
25	36	0	18	30	125 +	2—3 =	106,2	112,8
0	— 9	17	4,8	49 0	166 $\frac{1}{2}$	3—4 =	106,7	111,3
26	37,8	0	18	30	208 $\frac{1}{2}$	4—5 =	107,7	111,7
0	— 9	18	4	50 0	250 $\frac{1}{2}$	5—6 =	105,6	110,9
27	39,6	0	18	30	292 $\frac{1}{2}$			
0	— 9	19	3,2	51 0	334 +			
28	41,2	0	18	30	376	Zerreißen		
0	— 9	20	2,3	52 0	418	geschah am ersten Fuss, er trug 32, riss		
29	43,7	0	18	30	459 $\frac{1}{2}$	bei 33; der Bruch schielte ins Rothe;		
0	— 9	21	1,6	53 0	501 $\frac{1}{2}$	die Seiten der Bruchfläche waren 2,90,		
30	45	0	18	30	543	2,91 H.; 2,90, 2,90 P. L.		
0	— 8,8	22	0,9	54 0	584 $\frac{1}{2}$			
14 $\frac{1}{2}$	17	0	18	30	626 $\frac{1}{2}$			
0	— 8,8	23	0,1	55 0	668 $\frac{1}{2}$			
		0	18	30	710 $\frac{1}{2}$			
3 Horiz.		24	+ 0,6	56 0	752 $\frac{1}{2}$			
29 Grenze.		0	— 18	30	794 +			
Grösse		25	+ 1,5	57 0	836			
29. 52,7°.		0	— 18	30	878			
14 $\frac{1}{2}$. 25,8.		26	+ 2,3	58 0	919 $\frac{1}{2}$			
		0	— 17,8					
		12 $\frac{1}{2}$	8,3	Bleischeibe allein.				
		0	17,8	In 11' 919 $\frac{1}{2}$ Doppel- od. 1839 einf.				
				Schwingungen.				
		25 Grenze.		Therm. 17°.				
		Grösse		Bei Drehung und				
		25. 19,5°.		Schwingung sass				
		12 $\frac{1}{2}$. 9,5.		dasselbe Stan-				
				genende fest.				

N^{ro} 33.Bestes englisches Eisen $\frac{1}{2}$ Zoll Quadrat.

294,9 Lin. gaben 17 Umwickl.; Breite 2,6; Rest 9,6.

Biegung. Abst. 650.		Drehung. 698.		Schwingung. 690.		Streckung.			
2 P	G	P	G	T	N	Länge der Stange	nach 28 Spf.	nach 35 Spf.	nach dem Zer- reißen.
0	— 8,8	15	+ 2	38' 0"	0	zwischen 0 — 1 =	104,6	113,4	116,40
25	+ 32,4	0	— 8,6	30	43 $\frac{1}{2}$	1 — 2 =	104,5	114,5	115,10
0	— 8,6	16	+ 2,6	39 0	87!	2 — 3 =	104,4	112,9	114,24
26	+ 34	0	— 8,6	30	131	3 — 4 =	104,4	114,1	114,10
0	— 8,6	17	+ 3,4	40 0	174	4 — 5 =	104,5	114,1	114,16
27	+ 35,9	0	— 8,6	30	217 $\frac{1}{2}$	5 — 6 =	104,5	114,1	— *)
0	— 8,6	18	+ 4,1	41 0	261!	Zerreissen.			
28	+ 37,5	0	— 8,6	30	305				
0	— 8,6	19	+ 5	42 0	348	Die Stange streckte sich so sehr bei 28, dass sie nicht zerrissen werden konn- te, bevor sie verkürzt wurde. Sie wurde ausgespitzt und am 7ten Fuss zusammen- gefaltet; sonach geschah das Zerreissen am 1sten Fuss; er trug 38, riss aber endlich bei dieser Belastung. Der Bruch war wie bei den englischen Stangen. Die Seiten der Bruchfläche waren 3,20, 2,95; bei einer andern Messung 3,10, 2,90. Mittel 3,04.			
29	+ 39	0	— 8,6	30	392				
0	— 8,6	20	+ 5,7	43 0	435 $\frac{1}{2}$	*) Nach der Spannung mit 35 wurde sie her- ausgenommen.			
30	+ 40,5	0	— 8,6	30	479				
0	— 8,6	21	+ 6,4	44 0	522 $\frac{1}{2}$	Bleischeibe allein. In 10' 1742 einf. Schwingungen. Therm. 17°. Dasselbe Stangen- ende sass fest, wie bei der Drehung.			
31	+ 42,4	0	— 8,6	30	566				
0	— 8,6	22	+ 7,1	45 0	609 $\frac{1}{2}$	31 $\frac{1}{4}$ Horiz. 31 Grenze. Grösse 31. 51. 15 $\frac{1}{2}$. 25,3.			
32	+ 44,3	0	— 8,6	30	653				
0	— 8,3	23	+ 7,9	46 0	696 $\frac{1}{2}$	28 Grenze. 28. 20,3. 29. 20,8. 14 $\frac{1}{2}$. 10,3.			
15 $\frac{1}{2}$	+ 17	0	— 8,6	30	740 $\frac{1}{2}$				
0	— 8,3	24	+ 8,6	47 0	784	28 Grenze. 28. 20,3. 29. 20,8. 14 $\frac{1}{2}$. 10,3.			
		0	— 8,6	30	827 $\frac{1}{2}$				
		25	+ 9,4	48 0	871				
		0	— 8,6						
		26	+ 10,2						
		0	— 8,6						
		27	+ 11						
		0	— 8,6						
		28	+ 11,7						
		0	— 8,6						
		29	+ 12,3						
		0	— 8,5						
		30	+ 13,2						
		0	— 8,4						
		14 $\frac{1}{2}$	+ 1,9						
		0	— 8,4						

N^{ro} 34.Bestes englisches Eisen $\frac{1}{2}$ Zoll Quadrat.

295,7 Lin. gaben 17 Umwickl.; Breite 2; Rest 14,7.

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Dehnung.										
Abst. 600.		692.		690.		Therm. 20, am Schluss 21; Länge der Scala bei IX: S+8,853.										
2P	G	P	G	T	N	Spannung		I		V						
0	— 10	0	— 9 ³ / ₄	23' 0"	0	Stange	0,345	0,366	0,769	0,734						
3	5 ¹ / ₂	18	+ 3 ⁵ / ₈	30	42 ¹ / ₂	Scala	2,661	2,667	1,750	1,721						
6	1 ³ / ₈	0	— 9 ⁵ / ₈	24 0	84 ¹ / ₂	Scala	0,470	0,458	0,362	0,390						
9	+ 2 ³ / ₄	3	7 ¹ / ₂	30	127	Stange	2,754	2,758	1,371	1,360						
12	7 —	6	5 ¹ / ₄	25 0	169	Mittel	2,300		0,987							
15	11	9	3 +	30	211 +	Länge	S—2,300		S—0,987							
18	15 ¹ / ₈	12	7 ⁷ / ₈	26 0	253 ¹ / ₂	Spannung		IX		XIII						
21	19 ¹ / ₄	15 +	1 ¹ / ₂	30	296	Stange	0,015	0,296	9,250							
24	23 ³ / ₈	0	— 9 ⁵ / ₈	27 0	338	Scala	8,584	7,590	7,567							
3	— 5 ¹ / ₈	18 +	3 ³ / ₄	28 0	422 ¹ / ₂	Scala	0,519	0,520	0,550							
27	+ 27 ⁵ / ₈	0	— 9 ⁵ / ₈	30	465	Stange	9,098	7,843	7,840							
3	— 5 +	20 +	5 ¹ / ₈ +	29 0	507 +	Mittel	8,574	7,306								
30	+ 31 ³ / ₈	0	— 9 ⁵ / ₈	30	549 ¹ / ₂	Länge	0,279	S+1,547								
3	— 5 +	21 +	6 +	30 0	592	Bis jetzt hatte sich die Stange noch nicht gestreckt, aber nach XIV um 0,03. Daraus erhellt, dass die Stange von I—XIII sich um 3,847 gedehnt hat. Direkte Messung gab 3,901.										
33	+ 35 ⁷ / ₈	0	— 9 ⁵ / ₈	30	634											
3	— 5 +	22 +	6 ⁷ / ₈	31 0	676 ¹ / ₂											
36	+ 40	0	— 9 ⁵ / ₈	30	719											
3	— 5 +	23 +	7 ⁵ / ₈	32 0	761 +											
39	+ 44 ¹ / ₂	0	— 9 ¹ / ₂ +	30	803 ¹ / ₂											
3	— 5	24 +	8 ¹ / ₂	33 0	845 ¹ / ₂											
42	+ 48 ³ / ₄	0	— 9 ¹ / ₂	30	888											
3	— 4 ⁵ / ₈	25 +	9 ¹ / ₈													
45	+ 52 ⁷ / ₈	0	— 9 ¹ / ₂													
3	— 4 ¹ / ₂	26 +	9 ⁷ / ₈	Bleischeibe allein. In 10' 30" 1776 einf. Schwin- gungen. Therm. 16 ¹ / ₂ °.												
48	+ 56 ⁷ / ₈	0	— 9 ³ / ₈													
3	— 4 ¹ / ₄	27 +	10 ⁷ / ₈													
51	+ 61 ⁵ / ₈	0	— 9 ³ / ₈													
3	— 3 ⁵ / ₈	28 +	11 ⁵ / ₈													
54	+ 71 ¹ / ₈	0	— 9 ³ / ₈ —													
3	— 1 ¹ / ₈	29 +	12 ³ / ₈													
3 Horiz.		0	— 9 ³ / ₈ —													
36 — 39 Grz.		30 +	13 ¹ / ₄													
36. 49,5 ° +.		0	— 9 ¹ / ₄													
Senk. 1/2 ° fast.		33 +	16 ¹ / ₈													
Wiederholt		0	— 8 ⁷ / ₈													
2 1/2 Horiz.																
36. 49,6 °.		22 Grenze.														
18. 24,9 °.		22. 16 1/2 °.														

Zerreißen							
geschah am 1. Fuss, er trug 38, riss bei 39. Stange gerade, kleines Blatt; Bruch fein, sammetartig, ins Rothe ziehend. Die Seiten 3,10, 3,15 P. L.; 3,00, 3,10 H.							
Fuss.	28 Spfd.	35 Spfd.	Zerreißen.	Fuss.	28 Spfd.	35 Spfd.	Zerreißen.
1	104,0	114,75	116,45	4	104,0	114,10	114,00
2	103,9	113,70	113,70	5	104,0	113,60	113,85
3	103,5	111,45	111,30	6	104,0	113,85	—

N^{ro} 35.Bestes englisches Eisen $\frac{1}{2}$ Zoll Quadrat.

295,7 Lin. gaben 17 Umwickl.; Breite 2; Rest 15,4 Lin.

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Dehnung.																																																			
Abst. 600.		692.		689,5.		Therm. 20½. Scala bei IX: S+8,853.																																																			
2P	G	P	G	T	N	Spannung	I	V	IX	XIII																																															
0	— 1¼	0	—16¼	41' 30"	0	Stange	0,269	0,528	0,759	0,050																																															
3	+ 3¼	18	2⅜	42 0	41½	Scala	1,948	0,936	8,775	6,747																																															
9	11¾	0	16⅛	30	83½	Scala	0,164	0,176	0,332	0,368																																															
12	15⅞	3	13⅞	43 0	125+	Stange	1,838	0,588	8,364	7,049																																															
15	20	6	11⅝	30	167	Mittel	1,676	0,410	8,024	6,689																																															
18	24¼	9	9¼	44 0	209	Länge	—1,676	—0,410	0,829	2,164																																															
21	28⅜	12	7	30	250½	Eine neue Messung bei I gab: 0,359, 0,159 } Länge der Stange S—1,601. 1,950, 1,770 } Die Stange streckte sich also um 0,075. Ihre Länge bei XIII war S+2,089; sie dehnte sich also von I—XIII um 3,765. Direkte Messung gab 3,693.																																																			
24	32½	15	4⅝	45 0	292½																																																				
3	3⅜	18	2⅜	30	334½																																																				
27	36¾	21	0	46 0	376+																																																				
3	3⅜	0	—16¼—	30	418+																																																				
30	41¼	24	+ 2⅜	47 0	460																																																				
3	3⅜	0	—16 +	30	502																																																				
33	45⅜	27	+ 5 —	48 0	543½																																																				
3	3⅜	0	—15⅞	30	585½																																																				
36	50	30	+ 7½	49 0	627+																																																				
3	3¾	0	—15⅞	30	669+	Streckung. Die Stange streckte sich so sehr, dass sie nicht zerrissen werden konnte; sie wurde aufs neue in die Presse gesetzt, und man fand:																																																			
39	53½	31	+ 8⅜	50 0	710½																																																				
3	3⅞	0	—15⅝	30	753																																																				
42	58⅛	32	+ 9½—	51 0	795																																																				
3	4+	0	—15⅜	30	836½																																																				
45	62⅞	33	+10¼	52 0	878½																																																				
3	4½	0	—15⅜	Bleischiebe allein. In 10' 30" 1757 einf. Schwing. Therm. 16½°.																																																					
48	67																																																								
3	5																																																								
51	72⅝																																																								
3	6⅜																																																								
3 Horiz. 33—36 Grz. 33. 46½°. Senk. ⅛°. 3 andre Versuche gaben 2 Horiz. 15. 21,6°. 30. 42,8. 30. 42,9.																																																									
											Zerreißen geschah am 7ten Fuss, er trug 33½, auch 34, riss aber endlich dabei. Stange durchaus gerade. Bruch wie bei den übrigen englischen. Die Seite der Rissfläche 3,10 P. L., 3,16 H.																																														
																Länge der Stange																																									
																					bei 28 Schpfd.																																				
																										bei 31 Schpfd.																															
																															nach dem Zerreißen.																										
																																				zwischen 0—1 =																					
																																									105,0																
																																														112,90											
																																																			—						
																																																								114,60	
114,75																																																									
					114,75																																																				
										113,05																																															
															113,70																																										
																				116,70																																					

N^{ro} 36.

Schwedisches ungegärbtes geschmiedetes Rundeisen.

Durchmesser mit Krummzirkel im Mittel 4,61 Lin. *)

Biegung. Abst. 650.				Drehung. 692.		Schwingung. 682.		Streckung.		
2P	G	2P	G	P	G	T	N	Länge der Stange	bei 28 Spf.	nach d. Zer- reissen.
0	— 9,4	32	+50,8	0	+ 0,6	33' 0"	0	zwischen 0—1 = 1—2 = 2—3 = 3—4 = 4—5 = 5—6 =	100,0 100,0 100,0 100,2 100,2 100,2	103,2 101,6 100,0 100,5 100,3 100,7
18	+24,2	0	— 9,3	14	10,9	30	43			
0	— 9,3	33	+52,4	0	0,6	34 0	85½			
19	+26,2	0	— 9,3	16	12,3	30	128½			
0	— 9,3	34	+55,1	0	0,6	35 0	171½			
20	+28,1	0	— 9,3	18	14,0	30	214			
0	— 9,3	35	+56,6	0	0,6	36 0	257!			
21	+30,0—	0	— 9,3	20	15,4	30	300			
0	— 9,3	36	+57,5	0	0,6	37 0	343			
22	+31,9	0	— 9,2	22	16,8	30	385½	geschah ausserhalb der Gradirung. Sie trug 33, aber riss bei 34; un- bedeutend gekrümmt, nur nach ei- ner Richtung. Bruch silberweiss, dicht, stahlartig. Zusammenknei- pung an der Rissstelle höchst un- bedeutend. Durchmesser 4,11 M., 4,11 H.		
0	— 9,3	37	+60,5	0	0,6	38 0	428½			
23	+33,8	0	— 9,2	24	18,4	30	471½			
0	— 9,3	38	+61,3	0	0,6	39 0	514½			
24	+35,9	0	— 9,2	26	19,7	30	557½			
0	— 9,3	39	+63,7	0	0,6	40 0	600½			
25	+37,8	0	— 9,2	28	21,4	30	643!			
0	— 9,3	40	+65,0	0	0,6	41 0	686!			
26	+39,7	0	— 9,2	30	22,9					
0	— 9,3	41	+67,5	0	0,6	Bleischeibe allein				
27	+41,5	0	— 9,1	32	24,5	In 8' 1372 einf.				
0	— 9,3	42	+70,2	0	0,8	Schwingungen.				
28	+43,4	0	— 9,0	15	12,0	Therm. 16½°.				
0	— 9,3	43	+71,0?	0	0,8					
29	+45,5	0	— 9,0							
0	— 9,3	44	+75,0	30—32Grz.						
30	+47,2	0	— 8,7	30. 22,3°.						
0	— 9,3	20	+28,8	15. 11,2.						
31	+49,0	0	— 8,6							
0	— 9,3									
3½ Horiz. 35—36 Grenze. 35. 65,9°.										

*) Die Stange war bezeichnet mit E. 4. Die Messungen an den einzelnen Füßen sind:

1.	Fuss	4,60	u.	4,45
2.	"	4,70	"	4,35
3.	"	4,70	"	4,50
4.	"	4,70	"	4,50
5.	"	4,80	"	4,55
6.	"	4,90	"	4,60.

*) Die Stange war bezeichnet mit
E. 4. Die Messungen an den
einzelnen Füßen sind:

1. Fuss 4,60 u. 4,45
2. " 4,70 " 4,35
3. " 4,70 " 4,50
4. " 4,70 " 4,50
5. " 4,80 " 4,55
6. " 4,90 " 4,60.

N^{ro} 37.

Schwedisches ungegärbtes geschmiedetes Rundeisen.

Durchmesser mit Krummzirkel im Mittel 4,675 Lin. *)

Biegung. Abst. 650.		Drehung. 685.		Schwingung. 673.		Streckung. Die Länge der Stange bei 21 Schpfd. Spannung war: zwischen 0 — 1 = 100,2 1 — 2 = 100,2 2 — 3 = 100,2 3 — 4 = 100,0 4 — 5 = 100,0 5 — 6 = 100,0. Zerreissen. Die Stange zerriss bei 21 unter dem Messen; sie hatte Risse an mehreren Stellen, aber war nach dem Zerreissen gerade. Das Zusammenkneipen beim Zerreissen war undeutlich.
2 P	G	P	G	T	N	
0	— 8,7	14	+ 3,3	2' 0"	0	
25	+ 32,4	0	— 9,5	30	39 1/2	
0	— 8,6	16	+ 5,6	3 0	79 1/2	
26	+ 34,0	0	— 9,5	30	119 1/2	
0	— 8,6	18	+ 8,1	4 0	159	
27	+ 35,5	0	— 8,9	30	199!	
0	— 8,6	8	1,6	5 0	239	
28	+ 37,4	0	8,9	30	278 1/2	
0	— 8,6			6 0	318 1/2	
30	+ 40,7	16 — 18 Grz. 16. 15,1°. 8. 7,3.		30	358 1/2	
0	— 8,5			7 0	398 1/2	
31	+ 42,5			30	438 1/2	
0	— 8,4			8 0	478 1/2	
32	+ 44,3			30	518 1/2	
0	— 8,3			9 0	558 1/4	
33	+ 45,8			30	598	+
0	— 8,3			10 0	638	+
34	+ 47,4			30	678	+
0	— 8,2			11 0	718	
35	+ 50,3					
0	— 8,0					
14	+ 15					
0	— 8,0					
3 3/4 Horiz.				Bleischeibe allein.		
28 — 30 Grz.				In 9' 1436 einf. Schwin-		
28. 46°.				gungen **).		
14. 23.				Therm. 17 1/2°.		
				*) Die Stange war gezeichnet mit E. 3.		
				Die Messungen an den einzelnen Fü-		
				ßen sind:		
				1. Fuss = 4,65 u. 4,40		
				2. „ = 4,80 „ 4,40		
				3. „ = 4,90 „ 4,65		
				4. „ = 5,00 „ 4,60		
				5. „ = 4,90 „ 4,50		
				6. „ = 5,00 „ 4,30.		

**) Beim ersten Versuch konnten die Schwingungen nicht länger als 4' beobachtet werden, da der Schwingungsbogen anfangs 20 Linien, bei einem Radius von 144 Linien, betrug. Die Stange machte 637 einfache Schwingungen. Es wurde dann ein auf Papier getheilter Bogen unter den Weiser gesetzt, und die zweite Reihe von Beobachtungen erhalten, wobei anfangs der Schwingungsbogen 20 Linien, und sein Radius 144 Linien betrug. Länger als 9' konnte nicht beobachtet werden. In Hinsicht auf die ungewöhnlich schnelle Abnahme des Schwingungsbogens vermutheten wir, dass diese Stange einen bedeutenden Bruch im Innern, nahe der Kernlinie, habe. Diese Vermuthung bestätigte sich beim Zerreissen.

N^{ro} 38.

Schwedisches ungegärbtes geschmiedetes Rundeisen.

Durchmesser mit gewöhnlichem Cirkel 4,69 Lin. *)

Biegung. Abst. 650.		Drehung. 687.		Schwingung. 671,5.		Streckung.		
2 P	G	P	G	T	N	Länge der Stange	bei 21 Schpfd.	nach dem Zerreissen.
0	— 9,8	0	+ 2,2	24' 0"	0	zwischen 0—1 =	100,0	101,1
25	+ 35,2	14	13,5	30	41 1/2	1—2 =	100,3	100,9
0	— 9,5	0	2,2	25	83	2—3 =	100,3	101,8
26	+ 37,1	16	15,2	30	124 1/2	3—4 =	100,3	101,9
0	— 9,5	0	2,3	26	166 1/4	4—5 =	100,3	101,4
27	+ 39,1	18	17,0	30	208 +	5—6 =	100,3	104,4
0	— 9,5	0	2,3	27	249 3/4			
28	+ 41,0	20	18,8	30	292!			
0	— 9,2	0	2,5	28	333 3/4			
13 1/2	+ 14,8	8	9,0	30	375 1/2			
0	— 9,2	0	2,5	29	417 1/2			
				30	459 1/2			
3 1/2 Horiz.		18—20 Grz.		30	501 1/2			
27—28 Grz.		18. 14,7°.		30	543 1/2			
27. 48,6°.				31	585 1/2			
13 1/2. 24,0.				30	627 +			
				32	668 1/2			
				30	711!			
				33	753 1/2			
				30	795!			
				34	837			
				30	879			
				35	921			
				Bleischeibe allein. In 11' 1842 einfache Schwingungen **). Therm. 16 1/2°.				

Zerreissen
geschah am 7ten Fuss, er trug 31, barst bei 32; die Stange krumm nach einer Richtung; eine Fliesse hatte sich geöffnet, aber nicht an der Rissstelle; Bruch wie Nr. 36. Durchmesser 4,60 M., 4,66 H.

*) Die Stange war bezeichnet mit E. I., aus einem Schmelzstück, bezeichnet x, y, z. Der Krumm-cirkel gab die Messungen:

1. Fuss	.....	= 4,85 u. 4,50
2. "	.....	= 4,95 " 4,60
3. "	.....	= 4,90 " 4,55
4. "	.....	= 4,90 " 4,50
5. "	.....	= 4,65 " 4,45
6. "	.....	= 4,90 " 4,55.

**) Dieselbe Vermuthung und Bestätigung wie bei der vorhergehenden Stange.

N^{ro} 39.

Schwedisches ungegärbtes geschmiedetes Rundeisen.

Durchmesser mit Krummceirkel 4,56 Lin. *)

Biegung. Abst. 650.		Drehung. 679.		Schwingung. 665.		Streckung.		
2 P	G	P	G	T	N	Länge der Stange	bei 21 Schpfd.	nach dem Zerreissen.
0	— 9,5	0	— 2,2	56' 30"	0	zwischen 0 — 1 =	100,8	103,9
25	+38,8	14	+ 8,6	57 0	41 1/2	1 — 2 =	100,2	102,0
0	— 9,3	0	— 2,2	30	83 1/2	2 — 3 =	101,4	104,8
26	+40,9	16	+10,1	58 0	125 1/2	3 — 4 =	100,1	101,8
0	— 9,3	0	— 2,2	30	167 1/2	4 — 5 =	100,8	104,3
27	+42,4	18	+11,9	59 0	209 1/2	5 — 6 =	100,7	103,7
0	— 9,3	0	— 2,0	30	251 1/2			
28	+44,7	20	+13,5	0 0	293 1/2			
0	— 9,3	0	— 2,0	30	335 1/4			
29	+46,6	8	+ 4,2	1 0	377 1/4			
0	— 9,3	0	— 1,9	30	419 1/4			
30	+48,1			2 0	461 1/2			
0	— 9,0	16 — 18 Grz.		30	503 1/2			
14 1/2	+19,0	16. 12,3°.		3 0	545 1/4			
0	— 8,9			30	587 1/2			
				4 0	629 1/2			
				30	671 1/2			
3 Horiz.						Zerreissen		
29 — 30 Grz.						geschah am 5ten Fuss; er trug 25, riss bei 26; die Stange unbedeutend krumm.		
29. 55,9°.						Das Zusammenkneipen an der Rissstelle war etwas stärker, als bei den nächst vorhergehenden Stangen; Bruch gleich, silberweiss. Durchmesser 3,47 M., 3,70 H., 3,40 P. L.		
						Bleischeibe allein.		
						In 8' 1343 einfache Schwingungen.		
						Therm. 16 1/2°.		

*) Bezeichnet mit E. 2. Die Messungen an den einzelnen Füßen waren:

1. Fuss	.....	= 4,65 u. 4,50
2. "	.....	= 4,85 „ 4,60
3. "	.....	= 4,70 „ 4,40
4. "	.....	= 4,75 „ 4,30
5. "	.....	= 4,65 „ 4,30
6. "	.....	= 4,65 „ 4,40.

N^{ro} 40.

Schwedisches ungegärbtes geschmiedetes Rundeisen.

Durchmesser mit Krummirkel 4,62 Lin. *)

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Streckung.		
Abst. 600.		685.		682.				
2 P	G	P	G	T	N	Länge der Stange	nach 21 Schpfd.	nach dem Zerreissen.
0	+16	0	— 1 ¹ / ₄	18' 30"	0			
2 ⁵ / ₈	20 ¹ / ₂	3	+ 1 +	19 0	41 +	zwischen 0—1 =	100,2	102,1
5 ¹ / ₄	24 ¹ / ₂ —	6	3 ¹ / ₂ +	30	82	1—2 =	100,0	101,4
7 ⁷ / ₈	28 ¹ / ₄	9	6 +	20 0	123	2—3 =	100,0	101,8
10 ¹ / ₂	32	12	8 ¹ / ₂ +	30	164 +	3—4 =	100,0	100,7
13 ¹ / ₈	36	15	11 +	21 0	204 ¹ / ₂	4—5 =	100,8	—
15 ³ / ₄	40	18	13 ³ / ₄	30	246 ¹ / ₂	5—6 =	101,3	—
18 ³ / ₈	44 —	0	— ³ / ₄	22 0	287 ¹ / ₂	4—6 =	—	208,9
				30	328 ¹ / ₂			
2 ⁵ / ₈ Horiz.		18 über Grenze.		23 0	370	Zerreissen geschah an dem Fusszeichen 5; er trug 25, riss bei 26; die Stange war un- bedeutend krumm. Eine Fliesse umgab rings umher die zerrissene Stelle; diess war auch, wiewohl in minderm Grade, mit einigen der vorhergehenden Stan- gen der Fall. Das Zusammenkneipen wie bei Nr. 39. Bruch silberweiss, ohne Querblätter.		
18 ³ / ₈ . 28 ⁰ —				30	411			
Anders		Andrer Versuch		24 0	451 ¹ / ₂			
18 ³ / ₄ . 28 ¹ / ₂ ⁰ —				30	493 ¹ / ₂			
25. 38.		0	— 4 ⁵ / ₈	25 0	534 ¹ / ₂			
		19	+ 11 ¹ / ₈	30	576 ¹ / ₂			
		0	— 4 ³ / ₈	26 0	617			
		20	+ 12 —	30	658			
		0	— 4 ³ / ₈	27 0	699			
		21	+ 12 ⁵ / ₈	30	740 ¹ / ₂			
		0	— 4 ³ / ₈	28 0	781 ¹ / ₂			
		22	+ 13 ⁵ / ₈	30	823			
		0	— 4 ³ / ₈ —					
		23	+ 14 ¹ / ₂ +	Bleischeibe allein.				
		0	— 4 ¹ / ₄ —	In 10' 1646 einf.				
		24	+ 15 ¹ / ₂	Schwingungen.				
		0	— 4 ¹ / ₈ +	Therm. 17 ⁰ .				
		21. 17 ⁰ .						

*) Bezeichnet mit E. 2. Der grösste Durchmesser 4,80, der kleinste 4,50.

N^{ro} 41.

Schwedisches ungegärbtes geschmiedetes Rundeisen.

Elliptisch, Mittel aus Messungen an jedem halben Fuss 4,60 Lin. *)

Biegung. Abst. 600.		Drehung. 691.		Schwingung. 674,7.		Dehnung.				
						Therm. anfangs 20, am Schluss 20½; Scala bei IV: S + 8,853.				
2 P	G	P	G	T	N	Spannung	I	IV	VII	X
0	— 5 +	0	+ 9 —	19	0	Stange	0,720	0,630	0,578	0,440 | 0,459
3¼	+ ¾	3	11¼	20	94	Scala	1,500	9,377	8,404	7,399 | 7,421
6¾	3 +	6	13½	21	189	Scala	0,601	0,733	0,706	0,706 | 0,687
9¼	9¼	9	16	22	284 +	Stange	1,414	9,490	8,533	7,664 | 7,628
12¾	14¼	12	18½	23	379	Mittel	0,797	8,752	7,826	
15¾	18¾	15	21 —	24	474 +	Länge	—0,797	0,101	1,026	1,895
3¾	7/8	18	23½ —	25	569 +					
18¾	23	0	9 +	26	664½					
3¾	1 —	19	24¼							
21¾	27½	0	9 +	29	0					
3¾	1¼	20	25 +	30	94					
22¾	29 —	0	9 +	31	189					
3¾	1½	21	26 —	32	284					
23¾	30¾	0	9½	33	378					
3¾	1½	22	26¼	34	474					
24¾	32½	0	9¼							
3¾	1½ +	23	27½							
3¾ Horiz.		0	9½							
15¾ — 18¾ Grz.		24	28½ +							
		0	9¾							
Wiederholt.		20 — 21 Grenze.								
0	— 4 +	20. 16°.								
3	+ ½									
6	5 —									
9	9¼									
12	13½									
15	18 —									
3	¾									
18	22¼									
3	¾ +									
21	26½ +									
3	¾ +									
22	28 —									
3	¾ +									
23	29¼									
3	¾ +									
24	30¾									
3	¾ +									
25	32¾									
3	7/8									
26	34									
3	7/8									
27	38½									
3	4									
3 Horiz.										
15 Grenze.										
15. 22°.										
¼ etwa Senkung.										

Therm. anfangs 20, am Schluss 20½; Scala bei IV: S + 8,853.

Spannung	I	IV	VII	X
Stange	0,720	0,630	0,578	0,440 | 0,459
Scala	1,500	9,377	8,404	7,399 | 7,421
Scala	0,601	0,733	0,706	0,706 | 0,687
Stange	1,414	9,490	8,533	7,664 | 7,628
Mittel	0,797	8,752	7,826	
Länge	—0,797	0,101	1,026	1,895

Die Dehnung betrug also von I—IX: 2,692. Direkte Messung gab 2,711.

Nach XI fand man wiederholt bei I die Länge $S - 0,828$ **), und nach XII wiederum $S - 0,861$; woraus erhellt, dass die Stange sich noch nicht gestreckt hatte. Aber nach XIII fand sich die Länge bei I: $S - 0,071$; hier hatte sich also die Stange um 0,726 gestreckt.

Streckung.

Die Länge der Stange nach dem Zerreißen war:

zwischen 0 — 1	= 104,0
1 — 2	= 100,4
2 — 3	= 100,4
3 — 4	= 101,0
4 — 5	= 101,0
5 — 6	= 101,0.

Zerreißen

geschah am 1sten Fuss; er trug 23, riss bei 24. Die Stange war gekrümmt wie ein Korkzieher, riss in einem Querblatt, das sich öffnete. Bruch ungleich, silberweiss. Durchmesser 3,34 M., 3,67 H., etwas unsicher.

*) Bezeichnet mit E. 2. Grösster Durchmesser 4,8, kleinster 4,4.

**) Diess scheint zwar eine Unsicherheit in der Beobachtung, welche die Stange als zusammengeschrumpft angiebt, anzudeuten; es erklärt sich aber daraus, dass bloß Berührung statt fand, woraus sich leicht ergab, dass die Stange sich nicht gestreckt hatte.

N^{ro} 42.

Schwedisches ungegärbtes geschmiedetes Rundeisen *).

Durchmesser im Mittel 4,57 Lin. **)

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Dehnung.				
Abst. 600.		686.		664,2.		Therm. 21; Scala bei IV: S+8,853.				
2P	G	P	G	T	N	Spann.	I	IV	VII	X
0	— 3 ³ / ₈	0	+ 7 ¹ / ₈	47	0	Stange	0,650	0,547	0,496	0,419
2 ³ / ₄	+ 1 +	3	9 ⁵ / ₈	48	91	Scala	1,592	0,578	8,434	7,419
5 ¹ / ₂	3 ¹ / ₄	6	12 ¹ / ₈	49	183 ¹ / ₂	Scala	0,524	0,528	0,652	0,673
8 ¹ / ₄	9 ¹ / ₂	9	14 ⁵ / ₈	50	276	Stange	1,473	0,589	8,605	7,698
11	13 ⁵ / ₈	12	17 ¹ / ₄	51	368 ¹ / ₂	Mittel	0,945	0,046	7,946	7,012
13 ³ / ₄	18 —	15	19 ⁷ / ₈	52	461	Länge	—0,945	—0,046	0,907	1,841
16 ¹ / ₂	22 +	18	22 ¹ / ₂	53	554 *	Die Dehnung betrug also von I—IX: 2,786. Nach XII hatte sich die Stange um höchst wenig gestreckt. Direkte Messung gab die Dehnung 2,768.				
19 ¹ / ₄	26 ¹ / ₄	0	7 ¹ / ₄							
2 ³ / ₄	1 ¹ / ₂	20	24 ¹ / ₈	56'	0					
22	30 ¹ / ₂	0	7 ¹ / ₄	57	91	Streckung. Die Stange konnte 21 Schiffpfd. nicht heben, sondern sprang mit einem Knall ab, an mehreren Stellen in Blättern ge- öffnet.				
2 ³ / ₄	1 ¹ / ₂	21	25 +	58	183					
24 ³ / ₄	34 ³ / ₄	0	7 ³ / ₈	59	275					
2 ³ / ₄	1 ¹ / ₂	22	26	60	367 ¹ / ₂	Die Länge der Stange nach dem Zer- reißen war: zwischen 0—1 = 105,2 1—2 = 101,0 2—3 = 100,7 3—4 = 101,8 4—5 = 101,1 5—6 = 100,6.				
27 ¹ / ₂	39	0	7 ¹ / ₂	61	460 **					
2 ³ / ₄	1 ⁵ / ₈									
30 ¹ / ₄	43 ¹ / ₂	20 — 21 Grz.		Eisendose al- lein.		Bruchfläche unmessbar.				
2 ³ / ₄	1 ³ / ₄	20. 16 ⁷ / ₈ ⁰ .								
33	48	Wiederholt		*Schnelle Ab- nahmed. Win- kel.						
2 ³ / ₄	2	trat bei 21 blei- bende Drehung		In 7' 185 einf. Schwingung.						
2 ³ / ₄ Horiz.		von 3 ⁸ / ₈ ⁰ ein.		** Beobach- tung nicht län- ger möglich.						
24 ³ / ₄ — 27 ¹ / ₂ Grz.										
24 ³ / ₄ . 37 ⁵ / ₈ ⁰ .										
Senkung 1 ² / ₂ ⁰ .										

*) Bezeichnet mit E. I.

**) Kleinster 4,3, grösster 4,7.

N^{ro} 43.

Schwedisches ungegärktes geschmiedetes Quadrateisen *).

888 Lin. gaben 53 Umwickl.; Breite 6; Rest 24,2.

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Dehnung.																									
Abst. 600.		693.		688.		Therm. 21; Länge d. Scala bei IX: $S+8,853$.																									
2 P	G	P	G	T	N	Spann.	I	V	IX	XIII																					
0	$+ 2\frac{5}{8}$	0	$-13\frac{3}{8}$	3' 0"	0	Stange	0,817	0,064	0,371	0,600																					
3	$7\frac{3}{8}$	20	$+ 4\frac{3}{4}$	30	$39\frac{1}{2}$	Scala	2,798	0,805	8,589	7,600																					
6	$11\frac{7}{8}$	0	$-13\frac{1}{8}$	4 0	$78\frac{1}{2}$	Scala	0,330	0,339	0,521	0,513																					
9	$16\frac{1}{4}$	3	$9\frac{3}{8}$	30	$118\frac{1}{2}$	Stange	2,313	1,062	8,751	7,513																					
12	$20\frac{3}{4}$	6	$7\frac{7}{8}$	5 0	158	Mittel	1,982	0,732	8,224	7,00																					
15	$25\frac{1}{8}$	9	5	30	197	Länge	-1,982	-0,732	0,629	1,853																					
18	$29\frac{5}{8}$	12	$2\frac{3}{8}$	6 0	$236\frac{1}{2}$	Eine neue Messung bei I gab: 0,856, 0,353, 0,868, 0,340, 2,781, 2,252, 2,789, 2,240, also die Länge $S-1,911$; sie streckte sich demnach um 0,071; ihre Länge bei XIII hätte also $S+1,782$ seyn sollen; sie streckte sich daher wirklich von I—XIII um 3,764. Direkte Beobachtung gab 3,754. Streckung. <table><tr><th>Länge der Stange</th><th>bei 28 Schpfd.</th><th>nach dem Zerreißen.</th></tr><tr><td>zwischen 0—1 =</td><td>101,9</td><td>103,5</td></tr><tr><td>1—2 =</td><td>102,2</td><td>104,2</td></tr><tr><td>2—3 =</td><td>101,9</td><td>103,4</td></tr><tr><td>3—4 =</td><td>100,6</td><td>101,2</td></tr><tr><td>4—5 =</td><td>102,0</td><td>103,7</td></tr><tr><td>5—6 =</td><td>101,3</td><td>101,9</td></tr></table> Zerreißen geschah ausserhalb der Gradirung bei einer Fliesse. Die Stange trug 32, riss bei 33. Die Seiten des Bruchs waren 3,10, 2,95 P. L.; 3,00, 3,20 H.					Länge der Stange	bei 28 Schpfd.	nach dem Zerreißen.	zwischen 0—1 =	101,9	103,5	1—2 =	102,2	104,2	2—3 =	101,9	103,4	3—4 =	100,6	101,2	4—5 =	102,0	103,7	5—6 =	101,3	101,9
Länge der Stange	bei 28 Schpfd.	nach dem Zerreißen.																													
zwischen 0—1 =	101,9	103,5																													
1—2 =	102,2	104,2																													
2—3 =	101,9	103,4																													
3—4 =	100,6	101,2																													
4—5 =	102,0	103,7																													
5—6 =	101,3	101,9																													
21	34	15	$+ \frac{3}{8}$	30	$275\frac{1}{2}$																										
3	$7\frac{5}{8}$	18	3	7 0	$314\frac{1}{2}$																										
24	$38\frac{1}{2} +$	21	$5\frac{3}{4}$	30	354																										
3	$7\frac{5}{8}$	0	$-13 +$	8 0	$393\frac{1}{2}$																										
27	43	24	$+ 8\frac{1}{2}$	30	$432\frac{1}{2}$																										
3	$7\frac{7}{8}$	0	-13	9 30	$511 +$																										
30	$48\frac{3}{4}$	27	$+11\frac{5}{8}$	10 0	$550\frac{1}{2}$																										
3	9	0	$-12\frac{3}{4}$	30	$589\frac{1}{2}$																										
		30	$+14\frac{3}{8}$	11 0	629																										
3 Horiz.		0	$-12\frac{3}{4}$	30	$668\frac{1}{2}$																										
21 Grenze.		33	+18	12 0	$707\frac{1}{2}$																										
24. $35\frac{5}{8}^{\circ}$.		0	$-11\frac{7}{8}$	30	747																										
$\frac{1}{4}$ Senkung.		36	+23	13 0	$785\frac{1}{2}$																										
Anders		0	$-11\frac{7}{8}$	30	$825\frac{1}{2}$																										
3 Horiz.																															
24. $35,6^{\circ}$.		24 Grz. über-		Bleischeibe allein.																											
12. $17,75^{\circ}$.		schritten.		In 10' 30" 1651																											
		24. $21,5^{\circ}$.		einfache Schwin-																											
				gungen.																											
				Therm. $16\frac{1}{2}^{\circ}$.																											

*) Bezeichnet mit E. 4.

N^{ro} 45.

Schwedisches ungegärktes geschmiedetes Quadrateisen *).

295,5 Lin. gaben 17 Umwickl.; Breite 2; Rest 10,8.

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Dehnung.				
Abst. 600.		695.		695.		Therm. 21½, am Schluss 22. Scala bei IX: S+8,853.				
2P	G	P	G	T	N					
0	+ 7/8	0	-23¾	27' 30"	0	Spannung	I	V	IX	XIII
3	5	20	6½	28 0	41 +	Stange	0,461	0,670	0,861	0,526
6	9	0	227/8	30	82½	Scala	1,752	0,701	8,570	6,596
9	127/8	3	20½	29 0	123½	Scala	0,362	0,428	0,542	0,520
12	167/8	6	183/8	30	165	Stange	1,670	0,469	8,267	6,582
15	207/8	9	155/8	30 0	206	Mittel	1,300	0,036	7,717	6,066
18	24¾	12	13 +	30	247½	Länge	-1,300	-0,036	1,136	2,787
21	285/8	15	10½ +	31 0	288½	Eine neue Messung bei I gab: 0,827, 0,370 } Länge der Stange S — 0,926. 1,750, 1,300 } sie streckte sich also um 0,374; ihre wahre Länge war also bei XIII: S+2,413. Sie streckte sich demnach von I—XIII um 3,713. Direkte Messung gab 3,714.				
3	5¼	18	8	30	329½					
24	32¾	0	23	32 0	371					
3	5¼	20	6¼	30	412 +					
27	365/8	0	231/8	33 0	453½					
3	5¼	21	53/8	30	494½					
30	40¾	0	23¼	34 0	536!					
3	5¼	22	43/8	30	577					
33	44¾	0	23	35 0	618½					
3	53/8	23	35/8	30	660					
36	48¾	0	23 —	36 0	701!	Streckung. Länge der Stange nach dem Zerreißen: zwischen 0—1 = 102,9 1—2 = 100,5 2—3 = 103,4 3—4 = 103,9 4—5 = 108,4 5—6 = 109,5. Zerreißen geschah an einer Fliesse am 6ten Fuss; er trug 27, zerriss bei 28. Mehrere Blätter öffneten sich im Bruche. Die Rissfläche war unmessbar.				
3	5¾	24	23/8	30	742½					
39	53	0	227/8	37 0	783½					
3	6	25	13/8	30	824½					
42	573/8	0	225/8	Bleischeibe. In 10' 1649 einf. Schwingungen. Therm. 16½°.						
3	6½	26	1/8							
45	62	0	225/8							
3	7¼	27	+ 3/4							
48	68	0	-225/8							
3	9	28	+ 2¼							
3 Horiz. 30—33Grz. 30. 395/8°. Senkg. ¼°.		0	-22¼	23 Grenze. 23. 193/8°.						
		29	+ 3¼							
		0	-22							
		30	+ 45/8							
		0	-215/8							

*) Bezeichnet mit E. I.

N^{ro} 46.

Schwedisches gewalztes gegärbtes Quadrateisen *).

295,5 Lin. gaben 17 Umwickl.; Breite 2,6; Rest 4,5.

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Dehnung.																									
Abst. 650.		673.		663.		Therm. 15, am Schluss 16. Scala bei V: S+8,853.																									
2P	G	P	G	T	N																										
0	— 8,4	0	— 4,7	22' 0"	0	Spannung	I	V	IX	XIII																					
25	+27,8	14	+ 3,7	30	47—	Stange	0,959	0,169	0,284	0,447																					
0	— 8,1	0	— 4,8	23 0	93	Scala	1,252	8,112	7,116	6,123																					
26	+29,4	16	+ 5,0	30	140 ¹ / ₂	Scala	0,857	0,000	0,987	0,981																					
0	— 8,1	0	— 4,8	24 0	187 ¹ / ₂	Stange	1,144	7,941	7,828	6,668																					
27	+30,9	18	+ 6,2	30	234 ¹ / ₂	Mittel	0,290	7,942	6,837	5,682																					
0	— 8,1	0	— 4,8	25 0	281 ¹ / ₂	Länge	—0,290	0,911	2,016	3,171																					
28	+32,2	20	+ 7,7	30	328																										
0	— 8,1	0	— 4,8	26 0	375 +																										
29	+33,8	22	+ 8,8	30	422	Direkte Messung gab 3,507 bei XIII; die Stange hatte also noch keine Streckung erlitten, und demnach von I—XIII sich um 3,461 gedehnt. Bei 16 streckte sie sich noch nicht, aber bei 17 entschieden. Streckung. <table><tr><th>Länge der Stange</th><th>bei 28 Schpfd.</th><th>nach dem Zerreißen.</th></tr><tr><td>zwischen 0—1 =</td><td>104,3</td><td>120,4</td></tr><tr><td>1—2 =</td><td>104,3</td><td>116,9</td></tr><tr><td>2—3 =</td><td>104,1</td><td>115,1</td></tr><tr><td>3—4 =</td><td>104,4</td><td>117,8</td></tr><tr><td>4—5 =</td><td>104,4</td><td>117,2</td></tr><tr><td>5—6 =</td><td>103,8</td><td>114,0</td></tr></table> Zerreißen geschah am ersten Fuss; er trug 35, hob 36, riss aber endlich bei 36. Die Stange war etwas krumm nach einer Richtung. Der Bruch fein, silberweiss, sammetartig, wie bei gehärtetem Stahl. Die Seiten 3,20, 3,20 P. L.; 3,20, 3,20 H.					Länge der Stange	bei 28 Schpfd.	nach dem Zerreißen.	zwischen 0—1 =	104,3	120,4	1—2 =	104,3	116,9	2—3 =	104,1	115,1	3—4 =	104,4	117,8	4—5 =	104,4	117,2	5—6 =	103,8	114,0
Länge der Stange	bei 28 Schpfd.	nach dem Zerreißen.																													
zwischen 0—1 =	104,3	120,4																													
1—2 =	104,3	116,9																													
2—3 =	104,1	115,1																													
3—4 =	104,4	117,8																													
4—5 =	104,4	117,2																													
5—6 =	103,8	114,0																													
0	— 7,9	0	— 4,8	27 0	469																										
30	+35,4	24	+ 9,9	30	516																										
0	— 7,8	0	— 4,8	28 0	563																										
14	+12,3	26	+11,3	30	610																										
0	— 7,8	0	— 4,8	29 0	657																										
3 ¹ / ₄ Horiz.		28	+12,6	30	704																										
		0	— 4,8	30 0	751 +																										
Stange umgewendet.		30	+14	30	798																										
		0	— 4,6	31 0	845																										
		14	+ 3,9	30	892																										
				32 0	939																										
0	— 8,0																														
25	+28,7	28—30 Grz.																													
0	— 7,3	28. 17,4°.																													
26	+30,3																														
0	— 7,3																														
27	+31,7																														
0	— 7,3																														
28	+33,3																														
0	— 7,1																														
29	+34,9																														
0	— 7,0																														
14	+13,0																														
0	— 7,0																														
3 ³ / ₄ Horiz.																															
25 Grenze.																															
25. 35,9°.																															

*) Es war aus einem Schmelzstück gewalzt, gegärbt, und dann aus dem Mittelstücke des gegärbten Theils wiederum bei H. HOWARD zu $\frac{1}{2}$ Zoll Quadrat ausgewalzt.

N^{ro} 47.

Schwedisches gegärktes gewalztes Quadrateisen *).

885,9 Lin. gaben 49 Umwickl.; Breite 7,8; Rest 17,3.

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Dehnung.							
Abst. 650.		673.		664,5.		Therm. 16. Scala bei V: S+8,853.							
2 P	G	P	G	T	N	Spannung	I	V	IX	XIII			
0	— 8,2	0	— 2,4	53' 0"	0	Stange	0,998	0,110	0,120	0,179			
25	+26,3	14	+ 6,0	30	93	Scala	1,268	8,140	7,136	6,170			
0	— 8,0	0	— 2,4	54 0	139 ¹ / ₂	Scala	0,841	0,965	0,967	0,946			
26	+27,7	16	+ 7,5	55 0	232 ¹ / ₂	Stange	1,101	9,008	7,977	6,922			
0	— 8,0	0	— 2,4	30	279 ¹ / ₂	Mittel	0,265	8,037	7,013	5,983			
27	+29,1	18	+ 8,8	56 0	326	Länge	—0,265	0,816	1,840	2,870			
0	— 8,0	0	— 2,4	30	373	Die Stange streckte sich nicht bei XIII, aber etwas bei XVI.							
28	+30,5	20	+10,1	57 0	419 ¹ / ₂								
0	— 8,0	0	— 2,4	30	466+								
29	+32,0	22	+11,2	58 0	513								
0	— 8,0	0	— 2,4	30	560	Streckung.							
30	+33,4	24	+12,6	59 0	606 ¹ / ₂								
0	— 7,8	0	— 2,4	30	653+	Länge der Stange zwischen 0—1 = 1—2 = 2—3 = 3—4 = 4—5 = 5—6 =	bei 28 Schpfd.	nach dem Zerreißen.					
4 ¹ / ₂	+11,9	26	+13,6	60 0	700				100,4	104,1			
0	— 7,8	0	— 2,4	30	746 ¹ / ₂				100,5	105,6			
2 ³ / ₄ Horiz. 29—30 Grz. 29. 40°. 19,7. 14 ¹ / ₂ .		28	+15,2	61 0	793 ¹ / ₂				100,2	103,7			
		0	— 2,4	30	840 ¹ / ₂				100,1	102,3			
		30	+16,6	62 0	887+				100,2	100,5			
		0	— 2,4	30	933 ¹ / ₂				100,2	100,1			
		32	+17,7	63 0	980 ¹ / ₂								
		0	— 2,4	30	1027+								
		34	+19,0	Bleischeibe. In 10' 1868 einf. Schwingungen. Therm. 15,5°.		Zerreißen geschah bei einer Fliesse am zweiten Fuss; er trug 37, riss bei 38; die Stange war etwas gekrümmt nach einer Richtung; der Bruch fein, silberweiss; Durchmesser 3,00, 3,20 P. L.; 3,10, 3,15 H.							
		0	— 2,4										
		36	+20,6										
		0	— 2,2										
		17	+ 8,5	34—36 Grz. 34. 21,4°. 10,7.									
		0	— 2,2										

*) Es war ein wieder geschweisstes Schmelzstück, 3 Zoll Quadrat, bei H. HOWARD zu 2 Zoll Quadrat gewalzt, sodann in Eskilstuna gestreckt zu ¹/₂ Zoll Quadrat und bezeichnet mit I; also zu dem Endstück Nr. I. des gegärkten Quadrateisens gehörend.

N^{ro} 48.

Schwedisches gegärktes gewalztes Quadrateisen *).

886,2 Lin. gaben 52 Umwickl.; Breite 7,8; Rest 23,8.

Biegung. Abst. 600.		Drehung. 627 **).		Schwingung. 621.		Streckung.		
2 P	G	P	G	T	N	Länge der Stange	bei 28 Schpfd.	nach dem Zerreissen.
0	— 8,9	0	— 9,5	15' 0"	0			
25	+ 25,9	14	+ 1,4	30	41 +	zwischen 0 — 1 =	102,1	105,0
0	— 8,5	0	— 9,5	16 0	82 1/2	1 — 2 =	100,9	103,5
26	+ 27,2	16	+ 2,6	30	124	2 — 3 =	101,9	105,8
0	— 8,5	0	— 9,5	17 0	165 1/2	3 — 4 =	102,8	108,2
27	+ 28,8	18	+ 4,9	30	207 1/2	4 — 5 =	102,2	104,8
0	— 8,5	0	— 9,5	18 0	249 1/2			
28	+ 30,3	20	+ 6,9	30	291 +	Zerreissen		
0	— 8,1	0	— 9,5	19 0	333 +	geschah am 4ten Fuss, er trug 33, riss bei 34. Die Stange etwas gebogen. Der Bruch fein, silberweiss; aber hatte mehrere offene Schweissungsblätter; diese fanden wir immer mehr geöffnet bei geschmiedeten, als bei gewalzten Eisenstangen. Bloss an einer einzigen unter den letztern wurde diess bemerkt, aber bei den meisten geschmiedeten. Durchmesser 3,31, 3,10 H.		
13 1/2	+ 10,3	22	+ 8,3	30	375			
0	— 8,0	0	— 9,3	20 0	416 1/2			
		10	1,3	30	458 1/2			
3 3/4 Horiz.		0	9,3	21 0	500 1/2			
27 — 28 Grz.				30	542 +			
27. 37,3°.		20 — 22 Grz.		22 0	584			
13 1/2. 18,3.		20. 16,4°.		30	626 +			
		10. 8.		23 0	668			
				30	709 1/2			
				24 0	751 1/2			
Bleischeibe. In 9' 1503 einfache Schwingungen. Therm. 16°.								

*) Bei H. HOWARD gegärkt und gewalzt zu 2 Zoll Quadrat, und dann in Eskilstuna zu 1/2 Zoll Quadrat gestreckt, von demselben gegärkten Endstück, wie Nr. 47.

**) Nach dem Zerreissen gemessen, und sonach berechnet.

N^{ro} 49.

Schwedisches gegärktes gewalztes Quadrateisen *).

887,1 Lin. gaben 52 Umwickl.; Breite 7,8; Rest 19,0 **).

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Dehnung.				
Abst. 650.		669.		662.		Therm. 16,5. Scala bei V: S+8,853.				
2P	G	P	G	T	N	Spannung	I	V	IX	XIII
0	— 8,2	0	— 5,3	47' 30"	0	Stange	0,152	0,289	0,443	0,720
20	+20,0	14	+ 4,4	48 0	43½	Scala	0,800	8,164	7,152	6,167
0	— 8,1	0	— 5,3	30	87	Scala	0,813	0,956	0,959	0,941
22	+22,9	16	+ 6,0	49 0	131	Stange	0,951	8,830	7,650	6,400
0	— 8,1	0	— 5,3	30	174½	Mittel	0,143	7,875	6,700	5,453
24	+25,9	18	+ 7,7	50 0	218½	Länge	—0,143	0,978	2,153	3,400
0	— 8,1	0	— 5,3	30	262½	Die Stange streckte sich nicht bei XIII, aber bei XV streckte sie sich um 0,060.				
25	+27,1	20	+ 9,7	51 0	306					
0	— 8,1	0	— 5,3	30	350					
26	+28,6	22	+11,0	52 0	394					
0	— 8,1	0	— 5,3	30	438	Streckung.				
27	+30,0	24	+12,5	53 0	481½	Länge der Stange zwischen 0—1 = 1—2 = 2—3 = 3—4 = 4—5 = 5—6 =	bei 28 Schpfd.		nach dem Zerreißen.	
0	— 8,1	0	— 5,3	30	525½		103,8		114,0	
28	+31,4	26	+14,0	54 0	569½		100,2		101,3	
0	— 8,1	0	— 5,0	30	613½		100,7		103,1	
29	+32,9	12	+ 3,7	55 0	657½		100,3		102,2	
0	— 8,1	0	— 5,1	30	701½		100,4		101,7	
30	+34,3			56 0	745½	101,4		103,9		
0	— 8,1			30	789½	Zerreißen geschah am ersten Fuss; er trug 33, aber riss bei 34. Die Stange war unbedeutend krumm nach einer Seite. Der Bruch nicht ganz so silberweiss, wie bei Nr. 47., ver- mengt mit dunklern Adern nach dem Gär- ben. Die Seiten 2,70, 2,65 M.; 2,65, 2,70 P. L.				
31	+35,5	24—26 Grz.		57 0	833					
0	— 8,1	24. 17,8°.		30	877					
32	+37,3	12. 8,8.								
0	— 8,1									
33	+38,8									
0	— 8,1									
34	+40,1									
0	— 8,1									
35	+41,6									
0	— 7,9									
36	+43,2									
0	— 7,8									
17	+15,1									
0	— 7,8									
3½ Horiz. 34—35 Grz. 33. 48,2°.						*) Bei H. HOWARD gegärbt und gewalzt zu 2 Zoll Quadrat, dann in Eskilstuna gestreckt zu ½ Zoll, aus derselben gegärzten Quadrat- stange, wie Nr. 48.				
						**) An dem Ende der Stange, von wo aus die Füsse gezählt wurden, gaben 295,7 Lin. 18 Umwickl., in Breite 2,6; Rest 3,7.				

N^{ro} 50.

Schwedisches gegärbtes gewalztes Quadrateisen *).

295,3 Lin. gaben 17 Umwickl.; Breite 2,6; Rest 10,1.

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Dehnung.					
Abst. 650.		671.		664.		Therm. 17°. Scala bei V: 8,853.					
2 P	G	P	G	T	N	Spannung	I	V	IX	XIII	
0	— 8,6	0	+ 1,1	7' 0"	0	Stange	0,424	0,357	0,568	0,830	0,808
24	+ 26,7	14	10,1	30	45 1/2	Scala	1,259	9,079	8,096	7,080	7,100
0	— 8,6	0	1,1	8 0	92?	Scala	0,856	0,022	0,028	0,033	0,047
25	+ 28,0	16	11,3	30	136 1/2	Stange	1,705	8,755	7,547	6,330	6,291
0	— 8,6	0	1,1	9 0	182	Mittel	0,842	8,727	7,524	6,268	
26	+ 29,4	18	12,6	30	227 +	Länge	—0,842	0,126	1,329	2,585	
0	— 8,6	0	1,1	10 0	272 1/2	Die Stange streckte sich nicht bei XIII, aber bei XV um 0,032, und bei XVI bedeutend.					
27	+ 30,8	20	14,0	11 0	364						
0	— 8,6	0	1,1	30	409 1/2						
28	+ 32,5	22	15,5	12 0	455						
0	— 8,6	0	1,1	30	500 1/2	Streckung.					
29	+ 34,1	24	16,6	13 0	546						
0	— 8,6	0	1,1	30	591 1/2	Länge der Stange zwischen 0 — 1 = 1 — 2 = 2 — 3 = 3 — 4 = 4 — 5 = 5 — 6 =		bei 28 Schpfd.		nach dem Zerreißen.	
30	+ 35,5	26	18,0	14 0	637 +						
0	— 8,6	0	1,1	30	682 1/2						
31	+ 37,0	28	19,2	15 0	728						
0	— 8,6	0	1,1	30	773 1/2						
32	+ 38,4	30	20,7	16 0	819 +						
0	— 8,6	0	1,1	30	865						
33	+ 40,3	32	22,0	17 0	910 +	Zerreißen		geschah am 7ten Fuss, bei einer kleinen Fliese in einer von den Ecken der Stange; er trug 40, aber riss bei 41; die Stange etwas krumm nach einer Richtung; der Bruch stahldicht, zog sich ins Graue mit dunklen Adern nach den Gärbungsblättern, eins davon war offen. Die Seiten waren 3,20, 3,10 M.; 3,22, 3,21 H.			
0	— 8,6	0	1,1	30	956						
34	+ 41,9	34	23,6	Bleischeibe. In 10' 30" 1912 einf. Schwingung. Therm. 16°.							
0	— 8,5	0	1,5								
35	+ 43,1	16	11,9								
0	— 8,4	0	1,5	32 — 34 Grz. 32. 20,9°. 16. 10,4.							
16 1/2	+ 16,0										
0	— 8,4										
33 — 34 Grz.		16. 10,4.									
33. 48,9°.											

*) Schwedisches gegärbtes Eisen wurde in drei Theile getheilt, und das Mittelstück zu 1/2 Zoll Quadrat gewalzt; das eine von den zwei andern Stücken wurde zu Nr. 47., 48., 49. ausgeschmiedet.

N^{ro} 51 a.

Schwedisches gegärktes gewalztes Quadrateisen *).

295,6 Lin. gaben 17 Umwickl.; Breite 2,6; Rest 7,0.

Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Dehnung.				
Abst. 650.		672.		661.		Th. 17, am Schluss 18. Scala bei V: S+8,853.				
2 P	G	P	G	T	N	Spannung	I	V	IX	XIII
0	— 9,5	0	— 1,2	31' 0"	0	Stange	0,872	0,899	0,078	0,381
24	+25,4	14	+ 7,5	30	46	Scala	1,317	0,150	7,190	6,173
0	— 9,3	0	— 1,2	32 0	92	Scala	0,810	0,961	0,920	0,960
25	+27,0	16	+ 8,7	30	138½	Stange	1,260	9,239	8,047	6,761
0	— 9,3	0	— 1,2	33 0	184½	Mittel	0,447	8,264	7,119	5,796
26	+28,5	18	+10,3	30	231	Länge	—0,447	0,589	1,734	3,057
0	— 9,3	0	— 1,2	34 0	277	Die Stange streckte sich nicht bei XIII, aber um 0,153 bei XV.				
27	+30,4	20	+11,6	30	323½					
0	— 9,3	0	— 1,2	35 0	369½	Streckung.				
28	+31,8	22	+13,0	30	416	Länge der Stange		bei	bei	
0	— 9,3	0	— 1,2	36 0	462+	zwischen 0—1 =		28 Schpfd.	35 Schpfd.	
29	+33,2	24	+14,1	30	508½	1—2 =		104,5	116,9	
0	— 9,3	0	— 1,2	37 0	554½	2—3 =		104,1	115,2	
30	+34,5	26	+15,3	30	601+	3—4 =		104,4	116,2	
0	— 9,0	0	— 0,9	38 0	647+	4—5 =		104,4	116,2	
14½	+12,0	12	+ 6,6	30	693½	5—6 =		104,2	115,1	
0	— 9,0	0	— 0,9	39 0	740			104,3	117,0	
				30	786	Die Stange wurde so stark ausgedehnt, dass sie aus der Presse genommen werden musste. An dem letzten Theilstrich hatte sie sich gleichwohl so bedeutend gekrümmt, dass sie sicherlich dort geborsten wäre, wenn man mit Strecken hätte fortfahren können; wiewohl vielleicht die Belastung um ein oder das andere Schiffpfund hätte müssen vermehrt werden.				
2½ Horiz.		24—26 Grz.		40 0	832½					
29—30 Grz.		24. 15,3°.		30	879+	Alle die drei gewalzten und gegärkten Quadratstangen, welche abgestreckt worden, sind an einem Theilstrich abgesprungen, vermuthlich wegen der Verminderung im Querschnitt, die dort wegen des zur Gradirung nothwendigen Feilens und Polirens eintrat; da gleichwohl diess Feilen nicht tiefer ging, und auch nur auf einer Seite der Stange, bis der Glühspan ganz weggeschafft und die Oberfläche rein war; so ist diess ein Beweis von der Gleichheit in Form und Materie, welche die gewalzten Stangen vor den geschmiedeten auszeichnet.				
29. 42,5°.		12. 7,5.		41 0	925					
14½. 21,0.				30	971½	Die Seiten der Rissfläche waren 2,60, 2,50 P. L.; 2,55, 2,60 H.				
						Bleischeibe.				
						In 10' 30" 1943				
						einf. Schwingung.				
						Therm. 16,5°.				

*) Mit 2 Marken bezeichnet.

N^{ro} 51 b.

Dieselbe Stange wie 51 a; gestreckt.

294,5 Linien gaben 18 Umwickl.; Breite 2,9; Rest 7,1.

Biegung.		Drehung.		S c h w i n g u n g.								Um uns der Zuverlässigkeit dieses Resultats zu versichern, dass nämlich VI im Verhältniss mehr als XVIII ausdehnen, wurde der Versuch auf folgende Weise abgeändert: Therm. 16 ³ / ₄ °.
Abst. 650.		720.		678.								
2 P	G	P	G	Büchse allein.		Büchse mit eingegossenem Blei.		Büchse mit beiden Scheiben.		Büchse m. Blei und beiden Scheiben.		
0	— 5,0	15	+10,6									Zwischen V u. X 0,813 2,554 0,599 2,351 Dehnung 1,746.
5	+ 4,4	0	— 2,5									
10	+14,8	16	+11,6									
15	24,0	0	— 2,5									Zwischen V u. XV 0,658 4,113 0,010 3,485 Dehnung 3,465.
0	— 4,9	17	+12,5	3 0	0	33 0	0	19 30	0	8 0	0	
16	+26,1	0	— 2,5	30	43	30	30 ¹ / ₂	20 0	23 ¹ / ₂	30	22	
0	— 4,9	18	+13,5	4 0	87	34 0	61 ¹ / ₂	30	49 ¹ / ₂	9 0	44 ¹ / ₂	Zwischen V u. XX 0,272 5,461 0,671 5,780 Dehnung 5,147.
17	+27,8	0	— 2,5	30	131 ¹ / ₂	30	93	21 0	74 ¹ / ₂	30	67 ¹ / ₂	
0	— 4,9	19	+14,2	5 0	176	35 0	123 ¹ / ₂	30	100!	10 0	88 ¹ / ₂	
18	+29,7	0	— 2,5	30	220 ¹ / ₂	30	155!	22 0	125+	30	111	Zwischen V u. XXV 0,330 6,170 0,864 7,621 0,502 7,285 0,810 7,640 0,523 7,320 0,809 7,585 Dehnung 6,787.
0	— 4,9	20	+15,4	6 0	265	36 0	186	30	151—	11 0	133!	
19	+31,9	0	— 2,5	30	309 ¹ / ₂	30	217 ¹ / ₂	23 0	176!	30	155 +	
0	— 4,9	21	+16,1	7 0	354	37 0	248 ¹ / ₂	30	202—	12 0	177 +	Streckung. Die Stange streckte sich nicht merkbar bei XXVI, bei XXVII um 0,020, ums Doppelte ungefähr bei XXVIII. Länge der Stange bei 28 Schiffpfd.: zwischen 0—1 = 1,005 1—2 = 1,005 2—3 = 1,005 3—4 = 1,002 4—5 = 1,004 5—6 = 1,006.
20	+33,8	0	— 2,5	30	398 ¹ / ₂	30	279 ¹ / ₂	24 0	227!	30	199 ¹ / ₂	
0	— 4,9	22	+16,9	8 0	443+	38 0	310 ¹ / ₂	30	252+	13 0	222 —	
21	+36,0	0	— 2,5	30	487 ¹ / ₂	30	342	25 0	278	30	244 +	Zerreißen geschah ausserhalb der Theilung. Die Stange trug 32, aber riss eben dabei; war gerade und etwas geöffnet an 2 Lagen vom Gärben. Die Bruchfläche s. Nr. 51 a.
0	— 4,9	23	+17,9	9 0	532+	39 0	373	30	303 ¹ / ₂	14 0	266 +	
22	+37,9	0	— 2,5	30	577	30	404	26 0	329—	30	288 ¹ / ₂	
0	— 4,9	24	+18,9	10 0	621+	40 0	435+	30	354	15 0	310 ¹ / ₂ +	Therm. 16 ¹ / ₂ °.
23	+40,0	0	— 2,5	30	666+	30	466 ¹ / ₂	27 0	380—	30	333!	
0	— 4,9	25	+18,9	11 0	710+	41 0	497 ¹ / ₂	30	405!	16 0	355 +	
24	+41,7	0	— 2,5	30	755	30	528 ¹ / ₂	28 0	431—	30	377 ¹ / ₂	Therm. 15 ¹ / ₂ °. Die Messung bei I gab: 0,629, 0,723 } Länge der Stange S—0,781. 1,400, 1,515 } Es wurden blos vergleichende Versuche über die Differenzen der Länge bei verschiedenen Spannungen gemacht. Man fand die Länge der Stangen zwischen I u. XIX I u. VII 6,253 0,184 2,270 0,233 0,883 6,928 0,854 2,930 0,167 6,237 0,196 2,258 6,952 0,881 2,937 0,878 Dehnung 6,064 2,061
0	— 4,9	26	+20,6	12 0	799+	42 0	559 ¹ / ₂	30	456	17 0	399 ¹ / ₂ +	
25	+43,6	0	— 2,5	30	844	30	591!	29 0	481 ¹ / ₂	30	422!	
0	— 4,9	27	+21,7			43 0	622	30	507	18 0	444 +	4 Horiz. 29—30 Grz. 30—31 Gr. 29. 56,5°. 30. 27,1°. 14 ¹ / ₂ . 28,1. 15. 13,4.
26	+46,0	0	— 2,5			30	653+	30 0	532+	30	466 ¹ / ₂	
0	— 4,9	28	+22,7			44 0	684 ¹ / ₂	30	558—	19 0	488 ¹ / ₂ +	
27	+47,8	0	— 2,5			30	715 ¹ / ₂	31 0	583+	30	511	
0	— 4,9	29	+23,6			45 0	746 ¹ / ₂	30	609—	20 0	533 +	
28	+49,9	0	— 2,5			30	778—	32 0	634+	30	555 ¹ / ₂	
0	— 4,9	30	+24,6			46 0	809	30	660—	21 0	577 ¹ / ₂ +	
29	+51,6	0	— 2,5			30	840!	33 0	685!	30	600!	
0	— 4,9	31	+25,3									
30	+53,5	0	— 2,4									
0	— 4,7	32	+26,3									
14 ¹ / ₂	+23,4	0	— 2,3									
0	— 4,7	33	+27,1									
31	+56,0	0	— 2,3									
0	— 4,5	15	+11,1									
		0	— 2,3									

Schwedisches gegärbtes gestrecktes Eisen *).

Grösste und kleinste Seiten.					Dehnung.				
Ellen.		1ste.	2te.	3te.	Th. 17. Scala bei V: S+8,853.				
Maximum	eine Seite	4,75	4,55	4,70	Spann. Stange Scala Scala Stange Mittel Länge	I	V	IX	XIII
	andre	4,50	4,45	4,40		0,101	0,231	0,389	0,528
Minimum	eine Seite	4,10	4,25	4,10		0,289	8,151	7,143	6,159
	andre	4,10	4,25	4,10		0,831	0,970	0,970	0,954
Biegung.		Schwingung.				1,017	8,900	7,725	6,579
Abst. 650.						0,187	7,925	6,754	5,628
Drehung.						—0,187	0,928	2,099	3,225
673.									
2 P	G	P	G	Eisenscheibe.	Bleischeibe.				
0	— 7,9	14	+10,0	652.	662.				
25	+28,3	0	0,8	T	N	T	N		
0	— 7,9	16	11,3	19' 30"	0	54' 0"	0		
26	+30,0	0	0,8	20 0	63	30	46—		
0	— 7,9	18	12,7	30	128	55 0	91		
27	+31,3	0	0,8	21 0	191½	30	136½		
0	— 7,9	20	14,1	30	255½	56 0	182		
28	+33,8	0	0,8	22 0	320!	30	227½		
0	— 7,9	22	15,3	30	384	57 0	273		
29	+34,2	0	0,8	23 0	448!	30	319		
0	— 7,9	24	16,8			58 0	364½		
30	+35,9	0	1,0			30	410		
0	— 7,9	11	8,1			59 0	455½		
31	+37,2	0	1,0			30	501½		
0	— 7,9	26	18,0			0 0	547		
32	+38,6	0	1,0			30	592½		
0	— 7,6	28	19,5			1 0	638+		
15½	+14,6	0	1,1			30	684		
0	— 7,6					2 0	729½		
						30	775		
3½ Horiz.		22—24 Grz.				3 0	821		
31—32 Grz.		22. 14,5°.				30	866½		
31. 45,1°.		11. 7,1.				4 0	912		
15½. 22,2.									
Therm. 16,5°.									

Die Stange streckte sich nicht bei 13, aber bei 15 um 0,300. Die obigen Beobachtungen gaben die Dehnung von I—XIII: 3,412; direkte Messung gab 3,410.

Streckung.		
Länge der Stange	bei 28 Spf.	nach d. Zerreißen.
zwischen 0—1 =	101,0	105,4
1—2 =	100,3	102,3
2—3 =	100,3	101,8
3—4 =	100,2	103,4
4—5 =	100,3	103,3
5—6 =	100,8	106,0

Zerreißen

geschah am 6ten Fuss; er trug 35, hob 36, riss aber dabei; die Stange war etwas krumm nach einer Richtung; der Bruch fein, silberweiss, aber mit dunklern Adern, Spuren von Gärbungsfugen bei nicht vollkommenem Zusammenschmelzen. Seiten der Bruchfläche 3,15, 3,10 P. L.; 3,15, 3,10 M.

*) Es wurde in England gegärbt und sodann in Eskilstuna zu 1/2 Zoll Quadrat gestreckt; aus demselben gegärbten Eisenstück wie Nr. 50., doch das andere Ende desselben, als woraus Nr. 47., 48., 49. geschmiedet wurden. Nr. 53. und 54. wurden aus demselben Ende geschmiedet, wie Nr. 52.

N^{ro} 53.

Schwedisches gewalztes gegärbtes Eisen *).

Grösste und kleinste Seiten.						Dehnung.		
Ellen.		1ste.	2te.	3te.		Therm. 17½°.		
Max.	{ eine Seite andre	4,35	4,25	4,50		Spannung	I	I bis XIII
		4,15	4,30	4,50				
Min.	{ eine Seite andre	4,05	3,90	4,35		Stange	0,756	0,720
		3,90	4,05	4,35				
Biegung.		Drehung.		Schwingung.		Scala	0,824	0,859
Abst. 650.		668.		661.					Scala	0,824	0,859
2P	G	P	G	T	N	Stange	1,414	1,441
0	— 9,3	0	— 6,2	16' 30"	0				Länge	S — 0,563	Dehn. 3,580
24	+ 31,6	14	+ 3,5	17 0	43½	XV streckten um 0,202.		
0	— 9,2	0	— 6,2	30	87½	Streckung.		
25	+ 33,5	16	+ 5,0	18 0	131½	Länge der Stange		
0	— 9,2	0	— 6,2	30	176	bei 28 Schpfd.		
26	+ 35,8	18	+ 6,2	19 0	219	nach dem Zerreißen.		
0	— 9,2	0	— 6,2	30	263½	zwischen 0 — 1 =	100,3	106,6
27	+ 37,8	20	+ 7,8	20 0	307	1 — 2 =	100,3	104,3
0	— 9,2	0	— 6,2	30	351	2 — 3 =	100,4	106,8
28	+ 39,3	22	+ 9,3	21 0	394½	3 — 4 =	101,6	105,6
0	— 9,2	0	— 6,2	30	438½	4 — 5 =	101,2	106,1
29	+ 40,6	24	+ 11,2	22 0	482½	5 — 6 =	100,5	104,3
0	— 9,0	0	— 6,2	30	526½	Zerreißen		
14	+ 14,0	26	+ 12,3	23 0	570½	geschah am 3ten Fuss; er trug 36, riss bei 37; die Stange war etwas krumm; die Bruchfläche stahldicht, aber faserig nach den Gärbungsfugen; die Seiten waren 3,25, 3,10 P. L.; 3,15, 3,20 H.		
0	— 9,0	0	— 6,2	30	614½			
		28	+ 13,9	24 0	658½			
2 Horiz.		0	— 6,0	30	702½			
28 Grenze.		13	+ 3,1	25 0	746 +			
28. 48,5°.		0	— 6,0	30	790			
14. 23,0.				26 0	834			
		26 Grenze.		30	878			
		26. 18,5°.		27 0	922			
		13. 9,1.						
Bleischeibe.								
In 10' 1757 einfache Schwingungen.								
Therm. 16½°.								

*) Aus demselben Stück, wie Nr. 52.

Schwedisches gegärbtes geschmiedetes Quadrateisen *).

Grösste und kleinste Seiten.								Dehnung.					
Ellen.		1ste.		2te.		3te.		Therm. 17°.					
Maximum	{ eine Seite andre	4,80		4,80		4,65		Spann.	I	I und XIII	I und XIX		
		4,80		4,95		4,65			0,080	0,164	0,191	0,735	0,720
Minimum	{ eine Seite andre	4,65		4,60		4,30		Stange	0,247	3,183	3,206	5,265	5,257
		4,40		4,60		4,30		Scala	0,880	0,940	0,930	0,839	0,831
Biegung. Abst. 650.		Drehung. 668.				Schwingung. 662.		Stange	1,060	3,930	3,928	5,400	5,413
								Länge	—0,173	Dehn.3,005	Dehn.4,552		
2 P	G	P	G	P	G	T	N	Die Stange wurde von 23 nicht ge- streckt, aber um 0,030 von 24, und um 0,066 von 25.					
0	— 8,8	0	+0,6	0	0,6	37' 30"	0						
25	+19,1	14	+7,5	32	16,5	38 0	51½	Streckung.					
0	— 8,7	0	0,6	0	0,6	30	103½						
26	+20,2	16	8,4	34	17,5	39 0	156	Länge der Stange					
0	— 8,7	0	0,6	0	0,6	30	207½						
27	+21,3	18	9,4	36	18,5	40 0	259½	bei 28 Schpfd.					
0	— 8,7	0	0,6	0	0,6	30	312						
28	+22,4	20	10,3	38	19,5	41 0	363½	nach dem Zerreißen.					
0	— 8,7	0	0,6	0	0,6	30	416						
29	+23,5	22	11,5	40	20,6	42 0	468	zwischen 0—1 =					
0	— 8,7	0	0,6	0	0,7	30	520½						
30	+25,0	24	12,5	41	21,2	43 0	572½	1—2 =					
0	— 8,4	0	0,6	0	0,7	30	624½						
31	+26,1	26	13,5	42	21,7	44 0	676½	2—3 =					
0	— 8,4	0	0,6	0	0,8	30	729						
14½	+ 7,6	28	14,5	19	10,2	45 0	781	3—4 =					
0	— 8,4	0	0,6	0	0,8	30	833						
29 Grenze.		30	15,5			46 0	885½	4—5 =					
						30	937½						
29. 32,2°.		38 Grenze.				47 0	989½	5—6 =					
14½. 16,0.		38. 18,9°.				30	1041½						
		19. 9,4.				48 0	1094	Zerreißen					
Bleischeibe.								geschah am 5ten Fuss; er trug 42, hob auch noch 43, brach aber doch bei dieser Spannung. Die Stange war fast gerade; die Bruchfläche fein und stahlähnlich; zwei Gärbungsfugen waren offen. Die Seiten waren 3,25, 3,15 P. L.; 3,30, 3,20 H.					
In 10' 2083 einf. Schwingungen.													
Therm. 16½°.													

*) Von demselben gegärbten Eisenstück, wie Nr. 52.

N^{ro} 55.

Schwedisches gegärbtes geschmiedetes Quadrateisen *).

Grösste und kleinste Seiten.								Streckung.			
Ellen.		1ste.		2te.		3te.		Länge der Stange	bei 28 Schpfd.	nach dem Zerreißen.	
Maximum	{ eine Seite andre	4,35		4,40		4,60					
		4,25		4,35		4,40					
Minimum	{ eine Seite andre	4,10		4,20		4,30					
		4,10		4,20		4,30					
Biegung. Abst. 650.				Drehung. 689.		Schwingung. 666.					
2P	G	2P	G	P	G	T	N				
0	— 5,0	26	+ 34,6	15	— 2,0	43' 0"	0				
15	+ 17,5	0	— 5,0	0	— 12,3	30	44½	zwischen 0 — 1 = 101,6 106,1			
0	— 5,0	27	+ 36,1	16	— 1,4	44 0	89½	1 — 2 = 101,6 108,1			
16	+ 19,0	0	— 5,0	0	— 12,3	30	134½	2 — 3 = 102,7 108,0			
0	— 5,0	28	+ 37,8	17	— 0,7	45 0	178½	3 — 4 = 100,5 108,1			
17	+ 20,7	0	— 5,0	0	— 12,3	30	223½	4 — 5 = 103,1 107,6			
0	— 5,0	29	+ 39,2	18	+ 0,1	46 0	268	5 — 6 = 102,1 106,0			
18	+ 22,1	0	— 5,0	0	— 12,3	30	313				
0	— 5,0	30	+ 40,8	19	+ 0,6	47 0	357½				
19	+ 23,7	0	— 5,0	0	— 12,3	30	402½				
0	— 5,0	31	+ 42,2	20	+ 1,7	48 0	446½				
20	+ 25,3	0	— 5,0	0	— 12,1	30	491½				
0	— 5,0	32	+ 44,6	21	+ 2,3	49 0	536				
21	+ 27,0	0	— 5,0	0	— 12,0	30	581				
0	— 5,0	33	+ 45,5	9½	— 5,5	50 0	625½				
22	+ 28,3	0	— 5,0	0	— 12,0	30	670½				
0	— 5,0	34	+ 47,0	19 Grenze. 19. 12,9°. 9½. 6,5.		51 0	715				
23	+ 29,9	0	— 5,0			30	760				
0	— 5,0	35	+ 48,5			52 0	804½				
24	+ 31,3	0	— 4,5	17		30	849½				
0	— 5,0	17	+ 21,1			53 0	894				
25	+ 33,0	0	— 4,6			30	938½				
0	— 5,0										
2 Horiz.						Bleischeibe.					
34 Grenze.						In 10' 1788 ein-					
34. 52,0°.						fache Schwin-					
17. 25,7.						gungen.					
						Therm. 15½°.					

*) Von demselben gegärbten Eisenstück, wie Nr. 46., aber in Skultuna gestreckt.

N^{ro} 56.

Schwedisches gegärbtes geschmiedetes Quadrateisen *).

Grösste und kleinste Seiten.						Streckung.		
Ellen.		1ste.	2te.	3te.		Länge der Stange	bei 28 Schpfd.	nach dem Zerreißen.
Maximum	eine Seite	4,35	4,40	4,50		zwischen 0—1 =	102,2	105,5
	andre	4,30	4,45	4,35		1—2 =	100,6	101,9
Minimum	eine Seite	4,00	4,05	4,10		2—3 =	102,8	106,7
	andre	4,25	4,25	4,10		3—4 =	100,5	101,7
Biegung.		Drehung.		Schwingung.		4—5 =	100,2	100,6
Abst. 650.		670.		670.		5—6 =	102,5	108,7
2 P	G	P	G	T	N	Zerreißen		
0	— 5,0	15	— 6,0	59' 30"	0	geschah am 6ten Fuss; er trug 33, riss bei 34. Eine Gärbefläche war etwas geöffnet. Die Seiten waren 2,80, 2,70 P. L.; 2,90, 2,85 H.		
20	+ 25,3	0	— 16,5	0 0	43 1/2			
0	— 5,0	16	— 5,4	30	87			
21	+ 26,9	0	— 16,5	1 0	130 1/2			
0	— 5,0	17	— 4,5	30	174 1/2			
22	+ 28,4	0	— 16,5	2 0	218 +			
0	— 5,0	18	— 4,0	30	262			
23	+ 29,9	0	— 16,5	3 0	305 1/2			
0	— 5,0	19	— 3,3	30	350			
24	+ 31,3	0	— 16,5	4 0	393 1/2			
0	— 5,0	20	— 2,4	30	437			
25	+ 33,0	0	— 16,5	5 0	481			
0	— 5,0	21	— 1,9	30	525			
26	+ 34,5	0	— 16,5	6 0	568 1/2			
0	— 5,0	22	— 1,0	30	612 1/2			
27	+ 36,1	0	— 16,5	7 0	656			
0	— 5,0	23	— 0,2	30	700			
28	+ 37,7	0	— 16,5	8 0	743 1/2			
0	— 5,0	24	+ 0,6	30	787 1/2			
29	+ 39,1	0	— 16,4	9 0	831 1/2			
0	— 4,8	25	+ 1,3	30	875			
30	+ 40,8	0	— 16,3	10 0	919 +			
0	— 4,5	11 1/2	— 8,3	Bleischeibe. In 10' 1750 einf. Schwingungen. Therm. 17°.				
14	+ 16,5	0	— 16,3					
0	— 4,5	23 Grenze.						
3 Horiz.								
28 Grenze.		23.	16,3°.					
28. 42,7°.		11 1/2.	8,0.					
14. 21,0.								

*) Aus demselben gegärbten Eisenstück, wie Nr. 46., aber in Skultuna gestreckt.

N^{ro} 57.

Schwedisches gegärbtes geschmiedetes Quadrateisen *).

Grösste und kleinste Seiten.								Streckung.					
Ellen.				1ste.	2te.	3te.							
Maximum	{	eine Seite		4,35	4,50	4,40	Länge der Stange bei 28 Spfd. nach d. Zerreißen. zwischen 0 — 1 = 101,9 103,7 1 — 2 = 102,2 104,6 2 — 3 = 104,1 109,2 3 — 4 = 100,3 100,4 4 — 5 = 101,1 102,1 5 — 6 = 101,4 102,8 Zerreißen geschah am 3ten Fuss; er trug 32, riss bei 33; die Stange war gerade; offen an einer Schweissungsfuge; Bruchfläche unmessbar geöffnet.						
		andre		4,35	4,15	4,40							
Minimum	{	eine Seite		4,15	4,05	4,15							
		andre		3,15	4,30	4,25							
Biegung.				Drehung.		Schwingung.							
Abst. 650.				674.		671,5.							
2P	G	2P	G	P	G	T	N						
0	— 4,0	0	— 4,0	15	+ 11,5	26' 0"	0						
20	+ 26,9	28	+ 39,4	0	0,0	30	42½						
0	— 4,0	0	— 4,0	16	12,3	27 0	85½						
21	+ 28,1	29	+ 41,0	0	0,0	30	128						
0	— 4,0	0	— 4,0	17	13,1	28 0	171						
22	+ 30,0	30	+ 42,2	0	0,0	30	213½						
0	— 4,0	0	— 4,0	18	13,7	29 0	257						
23	+ 31,4	31	+ 43,9	0	0,0	30	299½						
0	— 4,0	0	— 4,0	19	14,6	30 0	342½						
24	+ 33,0	32	+ 45,9	0	0,0	30	385½						
0	— 4,0	0	— 4,0	20	+ 16,3	31 0	428½						
25	+ 34,6	33	+ 47,4	0	+ 0,1	30	472½						
0	— 4,0	0	— 3,6	21	16,7	32 0	514½						
26	+ 36,0	16	+ 20,9	0	0,2	30	557½						
0	— 4,0	0	— 3,6	9½	7,4		*)						
27	+ 37,9			0	0,2								
3 Horiz.				19 Grenze.		In 6' 30" 1115							
32 Grenze.				19. 14,6°.		einf. Schwingg.							
32. 49,9°.				9½. 7,2.		Therm. 17°.							
16. 24,5.													

*) Aus demselben Eisenstück, wie Nr. 46., aber gestreckt zu Skultuna.

**) Ungeachtet die Stange anfang zwei Grade auf jeder Seite zu schwingen, hatten gleichwohl die Schwingungen nun so abgenommen, dass sie nicht mehr gezählt werden konnten. Wir vermutheten, als Folge davon, dass die Stange bedeutend undicht seyn würde.

N^{ro} 58.

Schwedisches gegärbtes geschmiedetes Quadrateisen *).

Grösste und kleinste Seiten.								Streckung.			
Ellen.				1ste.		2te.		3te.		Die Länge der Stange nach dem Zerreißen war:	
Maximum	{	eine Seite		4,25		4,65		4,55		zwischen 0—1 = 110,2	
		andre		4,25		4,50		4,45		1—2 = 102,5	
Minimum	{	eine Seite		4,05		4,15		4,35		2—3 = 101,7	
		andre		3,90		4,15		4,35		3—4 = 100,1	
Biegung.				Drehung.		Schwingung.				4—5 = 102,3	
Abst. 650.				675.		669,5.				5—6 = 100,0.	
2 P	G	2 P	G	P	G	T	N				
0	— 5,1	0	— 5,1	15	— 5,6	47' 30"	0				
20	+24,0	31	+39,9	0	— 16,0	48 0	44				
0	— 5,1	0	— 5,1	16	— 5,0	30	88 ¹ / ₂				
21	+25,7	32	+41,1	0	— 16,0	49 0	132 ¹ / ₂				
0	— 5,1	0	— 5,1	17	— 4,4	30	177				
22	+27,0	33	+43,0	0	— 16,0	50 0	221 ¹ / ₂				
0	— 5,1	0	— 5,1	18	— 3,6	30	265 ¹ / ₂				
23	+28,4	34	+44,9	0	— 16,0	51 0	310				
0	— 5,1	0	— 5,1	19	— 2,9	30	354 ¹ / ₂				
24	+30,1	35	+45,8	0	— 16,0	52 0	399				
0	— 5,1	0	— 5,1	20	— 2,2	30	443				
25	+31,2	36	+47,1	0	— 16,0	53 0	488				
0	— 5,1	0	— 5,1	21	— 1,5	30	532				
26	+33,1	37	+49,6	0	— 16,0	54 0	576 ¹ / ₂				
0	— 5,1	0	— 5,1	22	— 0,7	30	621				
27	+34,2	38	+50,5	0	— 16,0	55 0	665 ¹ / ₂				
0	— 5,1	0	— 5,1	23	— 0,1	30	710				
28	+35,8	39	+52,0	0	— 16,0	56 0	754 +				
0	— 5,1	0	— 4,9	24	+ 0,5	30	799 ¹ / ₂				
29	+37,3	19	+22,9	0	— 16,0	57 0	843				
0	— 5,1	0	— 4,9	25	+ 1,3	30	887 ¹ / ₂				
30	+38,6			0	— 16,0	58 0	932				
				26	+ 2,0		**)				
				0	— 16,0						
				27	+ 2,6	Bleischeibe.					
				0	— 16,0	In 10' 1776 einf.					
				28	+ 3,6	Schwingungen.					
				0	— 15,8	Therm. 18°.					
				27 Grenze.							
				27. 18,6°.							

3 ¹ / ₄ Horiz.	
38 Grenze.	
38. 55,6°.	
19. 27,8.	

*) Wie Nr. 55., 56., 57.

**) Dasselbe Ende sass fest, wie beim Drehen.

Schwedisches gegärbtes geschmiedetes Quadrateisen *).

Grösste und kleinste Seiten.								Streckung.				
Ellen.				1ste.		2te.		3te.		Länge der Stange	bei 28 Spfd.	nach d. Zer- reissen.
Maximum	{	eine Seite		4,65	4,60	4,35						
		andre		4,10	4,45	4,15						
Minimum	{	eine Seite		4,25	4,15	3,90						
		andre		4,25	4,45	4,05						
Biegung.				Drehung.		Schwingung.						
Abst. 650.				670.		667.						
2P	G	2P	G	P	G	T	N					
0	— 4,8	29	+36,5	15	— 4,8	6' 30"	0					
20	+23,8	0	— 4,8	0	—17,5	7 0	41 +					
0	— 4,8	30	+38,1	16	— 3,9	30	82½					
21	+24,2	0	— 4,8	0	—17,5	8 0	124—					
0	— 4,8	31	+39,8	17	— 2,9	30	166					
22	+26,0	0	— 4,8	0	—17,5	9 0	207½					
0	— 4,8	32	+41,1	18	— 2,1	30	249½					
23	+27,9	0	— 4,8	0	—17,5	10 0	291					
0	— 4,8	33	+42,4	19	— 0,9	30	332½					
24	+29,3	0	— 4,8	0	—17,5	11 0	374½					
0	— 4,8	34	+44,2	20	+ 0,3	30	416 +					
25	+30,9	0	— 4,8	0	—17,0	12 0	458					
0	— 4,8	35	+45,5	9½	— 9,2		**)					
26	+32,1	0	— 4,7	0	—17,0							
0	— 4,8	36	+46,7									
27	+33,8	0	— 4,5	19. Grenze.								
0	— 4,8	17	+19,9	19. 16,6°.								
28	+35,1	0	— 4,5	9½. 7,8.								
0	— 4,8											
2¼ Horiz.												
34 Grenze.												
34. 49°.												
17. 24,4.												

Zerreissen		
geschah am 5ten Fuss; er trug 32, riss bei 33; die Stange unbedeutend gebogen. Der Bruch war silberweiss, etwas ins Rothe ziehend und undicht, wegen deutlicher Oeffnungen nach den Gärbungsfugen. Die Seiten waren 3,10, 3,10 P. L.; 3,10, 3,05 H.		

Bleischeibe.	
In 5' 30" 916	
einf. Schwin-	
gungen.	
Therm. 17½°.	

Zerreissen

geschah am 5ten Fuss; er trug 32, riss bei 33; die Stange unbedeutend gebogen. Der Bruch war silberweiss, etwas ins Rothe ziehend und undicht, wegen deutlicher Oeffnungen nach den Gärbungsfugen. Die Seiten waren 3,10, 3,10 P. L.; 3,10, 3,05 H.

*) Aus demselben gegärbten Eisenstück, wie Nr. 51., aber gestreckt zu Skultuna.

**) Die Schwingungen konnten nicht länger beobachtet werden.

N^{ro} 61.

Schwedisches gegärktes geschmiedetes Quadrateisen *).

Grösste und kleinste Seiten.					
Ellen.		1ste.	2te.	3te.	
Maxim.	{ eine Seite andre	4,35	4,60	4,50	
		4,35	4,35	4,30	
Minim.	{ eine Seite andre	4,15	4,25	4,20	
		4,05	4,45	4,40	
Biegung. Abst. 650.		Drehung. 673.		Schwingung. 667.	
2 P	G	P	G	T	N
0	— 4,5	15	— 0,7	22' 30"	0
20	+ 24,7	0	— 12,2	23 0	42
0	— 4,5	16	+ 0,6	30	84
21	+ 26,4	0	— 12,2	24 0	126
0	— 4,5	17	+ 1,4	30	168½
22	+ 27,6	0	— 12,2	25 0	210½
0	— 4,5	18	+ 2,5	30	252½
23	+ 29,5	0	— 12,1	26 0	295 +
0	— 4,5	19	+ 2,9	30	337½
24	+ 30,5	0	— 12,1	27 0	379½
0	— 4,5	20	+ 4,0	30	422
25	+ 32,1	0	— 12,1	28 0	464½
0	— 4,5	21	+ 5,2	30	507
26	+ 33,2	0	— 11,9	29 0	549 +
0	— 4,5	10	— 3,9	30	591½
27	+ 34,8	0	— 11,9		**))
0	— 4,5				
28	+ 36,1	17 Grenze.		Bleischeibe.	
0	— 4,5	17. 13,6°.		In 7' 1183 einfache	
29	+ 38,0			Schwingungen.	
0	— 4,5			Therm. 17½°.	
30	+ 39,2				
0	— 4,3				
14½	+ 16,8				
0	— 4,3				
3 Horiz.					
29 Grenze.					
29. 42,5°.					
14½. 21,1.					

Streckung und Zerreissen.	
Die Stange wurde sogleich mit 28 be- laden, und riss ohne zu tragen.	
Länge der Stange	
zwischen 0—1	= 112,4
1—2	= 104,2
2—3	= 100,0
3—4	= 102,5
4—5	= 100,9
5—6	= 100,9.
Sie war nach dem Zerreissen gerade; der Bruch dunkel und undicht; die Seiten 2,75, 2,70 P. L.; 2,75, 2,85 H.	

*) Wie Nr. 59.

**) Dasselbe Stangenende sass fest, wie bei der Drehung.

N^{ro} 62.

Schwedisches gegärbtes geschmiedetes Quadrateisen *).

Grösste und kleinste Seiten.								Streckung.		
Ellen.		1ste.		2te.		3te.		Länge der Stange	bei 28 Schpfd.	nach dem Zerreißen.
Maximum	{ eine Seite andre	4,50	4,50	4,50	4,55	4,45	4,45			
		4,25	4,10	4,20	4,40	4,20	4,20			
Biegung. Abst. 650.		Drehung. 672.		Schwingung. 668.						
2P	G	2P	G	P	G	T	N			
0	— 6,1	0	— 6,1	15	+ 2,5	39' 30"	0			
20	+ 22,2	28	+ 33,5	0	— 7,1	40 0	45			
0	— 6,1	0	— 6,1	16	+ 3,4	30	90 ¹ / ₂			
21	+ 23,6	29	+ 35,0	0	— 7,1	41 0	135 ¹ / ₂			
0	— 6,1	0	— 6,1	17	+ 4,1	30	181			
22	+ 25,0	30	+ 36,4	0	— 7,1	42 0	226 +			
0	— 6,1	0	— 6,1	18	+ 4,6	30	271 ¹ / ₂			
23	+ 26,4	31	+ 37,9	0	— 7,1	43 0	317			
0	— 6,1	0	— 6,1	19	+ 5,3	30	362			
24	+ 27,7	32	+ 39,5	0	— 7,1	44 0	407 ¹ / ₂			
0	— 6,1	0	— 6,1	20	+ 6,1	30	453			
25	+ 29,6	33	+ 40,9	0	— 7,1	45 0	499			
0	— 6,1	0	— 5,9	21	+ 6,8	30	543 ¹ / ₂			
26	+ 30,8	16	+ 16,8	0	— 7,1	46 0	589 ¹ / ₂			
0	— 6,1	0	— 5,9	22	+ 7,3	30	634 ¹ / ₂			
27	+ 32,0			0	— 7,1	47 0	680			
				23	+ 8,2	30	725			
				0	— 7,1	48 0	770 ¹ / ₂			
				24	+ 8,8	30	816			
				0	— 7,1	49 0	861 ¹ / ₂			
				25	+ 9,6	30	907 ¹ / ₂			
				0	— 7,1	50 0	952			
				26	+ 10,1	30	997 ¹ / ₂			
				0	— 7,1	51 0	1043			
				27	+ 11,1		**)			
				0	— 6,9					
				13	+ 1,6	Bleischeibe.				
				0	— 6,9	In 11' 30" 2086				
				26 Grenze.		einfache Schwin-				
				26. 17,2°.		gungen.				
				13. 8,5.		Therm. 17 ¹ / ₂ °.				

Zerreißen

geschah ausserhalb des Nullpunkts. Die Stange trug 32, aber riss bei 33; sie war beinahe gerade nach dem Zerreißen. Die Bruchfläche war dicht; von Farbe nicht silberweiss, sondern dunkler und ins Rothe, fast wie beim englischen Eisen. Seiten 2,70, 2,68 P. L.; 2,65, 2,70 H.

*) Aus demselben Eisenstück, wie Nr. 51.

**) Dasselbe Stangenende sass fest, wie bei der Drehung.

Zerreissen

geschah ausserhalb des Nullpunkts. Die Stange trug 32, aber riss bei 33; sie war beinahe gerade nach dem Zerreissen. Die Bruchfläche war dicht; von Farbe nicht silberweiss, sondern dunkler und ins Rothe, fast wie beim englischen Eisen. Seiten 2,70, 2,68 P. L.; 2,65, 2,70 H.

*) Aus demselben Eisenstück, wie Nr. 51.

**) Dasselbe Stangenende sass fest, wie bei der Drehung.

N^{ro} 63.

Schwedisches ungegärbtes geschmiedetes Rundeisen *).

Durchmesser.						Streckung.		
Fuss.	Maxim.	Minim.	Fuss.	Maxim.	Minim.	Länge der Stange	bei 21 Schpfd.	nach dem Zerreißen.
1	4,60	4,45	4	4,75	4,50	zwischen 0—1 =	101,3	104,5
2	4,50	4,25	5	4,90	4,55	1—2 =	101,8	108,5
3	4,55	4,35	6	5,00	4,65	2—3 =	100,0	101,9
Biegung. Abst. 650.		Drehung. 692.		Schwingung. 679.		3—4 =	100,2	100,2
2 P	G	P	G	T	N	4—5 =	100,0	100,0
0	— 8,4	0	+ 4,1	58' 0"	0	5—6 =	100,0	100,2
25	+42,1	14	15,2	30	41 +	Zerreißen		
0	— 8,1	0	4,2	59 0	82 1/2			
26	+44,2	16	16,6	30	123 1/2	geschah am 2ten Fuss; die Stange trug 25, aber zerriss bei 26. Bruch und Krümmung wie Nr. 40. Die Stange wurde nachher gerade, hatte aber viele Queerrisse. Durchmesser der Bruchfläche war 2,80, 3,40 P.L.; 2,76, 3,55 H.		
0	— 8,1	0	4,2	0 0	164 1/2			
27	+46,0	18	18,6	30	206			
0	— 8,1	0	4,2	1 0	247			
28	+47,8	20	+20,6	30	288			
0	— 8,1	0	4,2	2 0	330			
29	+49,8	22	+22,5	30	371			
0	— 8,1	0	4,2	3 0	412			
30	+51,7	24	+24,0	30	453 1/2			
0	— 8,1	0	4,2	4 0	494 1/2			
31	+54,1	26	+25,5	30	535 1/2			
0	— 7,9	0	4,5	5 0	577			
15	+27,2			30	619			
0	— 7,9	14 od. auch 24 über Grz.		6 0	669 1/2			
				30	701			
3 1/4 Horiz. 25 od. auch 30 über Grz.				Bleischeibe. In 8' 30" 1402 einf. Schwingungen. Therm. 17°.				

*) Aus dem Schmelzstück x, y, z, aus Bofors, bezeichnet mit I.

N^{ro} 60.

Als die Stange angewandt werden sollte, entdeckte sich bei näherer Untersuchung, dass sie so undicht war, dass man nur gewisse Theile derselben benutzen konnte. Sie wurde demnach abgehauen, und gab zwei Theile, 60 a. und 60 b., welche gleichwohl bloß den Streckungs- und Zerreißungsversuchen unterworfen werden konnten.

60 a. Die Seiten des kleinsten Durchschnitts waren 4,2, 4,3. Mit 28 Schiffpfd. belastet, streckten sich 100 Linien bis auf 103,4. Die Stange trug 35, zerriss bei 36 zwischen der Eintheilung. Die bezeichnete Länge hatte sich bis 113,8 gestreckt. Die Bruchfläche war dicht und silberweiss. Die Seiten derselben waren 2,90, 3,10 P. L.; 2,80, 3,00 H.

60 b. Die Seiten des kleinsten Durchschnitts waren 4,25, 4,20. Mit 28 Schpfd. belastet, streckten sich 100 Linien bis 103,4. Die Stange trug 33, gab aber langsam nach bei 34 ausserhalb der Eintheilung. Die 100 gezeichneten Linien hatten sich bis 109,2 gestreckt. Die Bruchfläche hatte sich an einer Schweissungsfuge geöffnet. Die Seiten waren 2,70, 2,95 P. L.; 2,80, 2,95 H.

N^{ro} 64.

Schwedisches gegärbtes geschmiedetes Quadrateisen.

Um zu untersuchen, ob die Kantenstücke von einer gewöhnlichen Stangeneisen-Schmelze Eisen von bedeutend verschiedener Beschaffenheit enthalten (vergl. I. Thl. §. 6. S. 10. §. 16. S. 44.), wurden einige Kantenstücke zu $2\frac{1}{2}$ Zoll, $\frac{5}{8}$ Zoll ausgeschmiedet, und unter dem Stangeneisenhammer gegärbt. Das Schmelzen geschah aus derselben Gattung Roh-eisen, in demselben Heerd, von denselben Schmieden und auf dieselbe Weise, wie bei dem gewalzten und geschmiedeten Eisen, welches allen diesen (hier beschriebenen) Versuchen unterworfen worden. Die gegärbten Eisenstangen wurden zu $\frac{3}{4}$ Zoll Quadrat unter dem Stangeneisenhammer gestreckt. Die eine kommt vor unter Nr. 64., die andere unter Nr. 65. Beide wurden aus der Hand in der Münzschmiede an drei Stellen zu der (reinen) Quadratdimension gestreckt, welche sodann durch Messung bestimmt wurde. Die Stangen wurden wie gewöhnlich hergerichtet, und mitten auf jedem feingestreckten Theil eine Fusslänge eingetheilt. Bloß der kleinste Durchschnitt wurde bei jedem Fuss gemessen, und er fand sich

Fuss.	1ster.	2ter.	3ter.
Erste Seite	4,1	4,0	4,1
andre	4,0	4,1	4,1

Streckung.

Länge der Füsse.	bei 28 Schpfd.	nach dem Zerreißen.
1	102,4	105,8
2	102,4	106,2
3	103,6	110,5

Zerreißen

geschah am 3ten Fuss, bei einer kleinen Undichtheit in der Kante, welche jedoch die Stange nicht geschwächt zu haben schien; sie trug 33, zerriss bei 34, 0,6 Linien von dem kleinsten Durchschnitt entfernt. An einer andern Stelle, als der zerrissenen, hatte sich eine Fliesse geöffnet. Die Bruchfläche war silberweiss, fein, nicht frei von kleinen Undichtheiten. Die Seiten waren 2,65, 2,70 P. L.; 2,80, 2,82 H.

N^{ro} 65.

Schwedisches gegärbtes geschmiedetes Quadrateisen *).

Kleinsten Durchschnitt.

Fuss.	1ster.	2ter.	3ter.
Erste Seite	3,9	3,9	3,9
andre	4,0	4,1	4,0

Streckung.

Länge der Füsse.	bei 28 Schpfd.	nach dem Zerreißen.
1	100,7	102,9
2	101,4	104,1
3	101,1	104,3

Zerreißen

geschah am 3ten Fuss; er trug 36, riss bei 37. Bruch stahlartig, etwas grobkörnig, silberweiss; Oeffnung vom Gärben. Die Seiten waren 3,70, 3,85 P. L.; 3,90, 3,82 H.

N^{ro} 66.

Schwedisches ungegärbtes geschmiedetes Quadrateisen **).

Kleinsten Durchschnitt.

Fuss.	1ster.	2ter.	3ter.
Erste Seite	4,0	4,1	4,1
andre	4,0	4,2	4,0

Streckung.

Länge der Füsse.	bei 28 Schpfd.	nach dem Zerreißen.
1	101,3	105,2
2	100,2	104,5
3	100,1	101,2

Zerreißen

geschah am 2ten Fuss; er trug 36, riss bei 37. Bruchfläche fein, dicht und silberweiss. Die Seiten waren 2,95, 3,00 P. L.; 2,90, 3,00 H.

*) Dieselbe Sorte, wie Nr. 64.

**) Das Mittelstück (s. I. Thl. §. 16.) wurde in Norns Werk zu 1 Zoll Quadrat gestreckt, und ohne Gärben, wie Nr. 64., zu den Streckungs- und Zerreißungsversuchen hergerichtet.

N^{ro} 67.

Schwedisches gegärbtes geschmiedetes Quadrateisen *).

Kleinsten Durchschnitt.

Fuss.	1ster.	2ter.	3ter.
Erste Seite	4,0	4,0	4,1
andre	4,0	4,2	4,2

Streckung.

Länge der Füsse.	bei 28 Schpfd.	nach dem Zerreissen.
1	100,7	100,8
2	103,2	105,3
3	104,8	112,0

Zerreissen

geschah am 3ten Fuss; er trug 30, riss bei 31 Schiffpfd. Bruchfläche dicht, silberglänzend. Die Seiten waren 2,70, 3,05 P. L.; 2,75, 3,10 H.

N^{ro} 68.

Schwedisches gegärbtes geschmiedetes Quadrateisen **).

Kleinsten Querschnitt.

Elle.	1ste.	2te.	3te.
Erste Seite	4,0	3,7	3,8
andre	4,0	4,0	4,1

Die Stange wurde, wie alle übrigen, sogleich mit 28 Schiffpfd. belastet, hob sie, und riss in der dritten Elle bei einer geöffneten Gärbungsschichtung. Die Länge des zerrissenen Fusses war 106,9; die Bruchfläche ins Graue ziehend. Die Seiten waren 2,50, 2,60 P. L.; 2,60, 2,70 H.

*) Das Kantenstück (s. I. Thl. §. 16.) wurde im Werke zu Norn zu 2 Zoll, $\frac{5}{8}$ Zoll gestreckt; sodann zusammengewickelt, zusammengegärbt, unter dem Stangeneisenhammer zu $\frac{3}{4}$ Zoll Quadrat gestreckt und in der Münze wie Nr. 64. zu den Versuchen bereitet.

**) Eisen aus Norberg, geschmiedet im Sura-Hammer, gegärbt und ausgeschmiedet zu $\frac{1}{2}$ Zoll Quadrat in Skultuna.

N^{ro} 69.Dieselbe Art Eisen wie N^{ro} 68.

Kleinsten Durchschnitt.

Elle.	1ste.	2te.	3te.
Erste Seite	3,8	3,9	3,9
andre	3,8	3,8	4,2

Die Stange zerriss bei 28 Schiffpfd., wie Nr. 68. Die Länge des zerrissenen Fusses war 105,7 Lin. Eine Oeffnung an der Oberfläche. Die Bruchfläche war dichter und weisser, als bei Nr. 68. Die Seiten 2,65, 2,70 P. L.; 2,80, 2,70 H.



BESCHREIBUNG DER KUPFER.

Taf. I.

Fig. 1. 2. Die Fullersche Maschine, oder hydrostatische Presse, im Profil und Grundriss; ihre Beschreibung findet sich §. 25. S. 57 ff.

Fig. 3. Die Hebestange oder der Schwanz, dazu gehörig, S. 62 ff.

Taf. II. (S. 58 ff.)

Fig. 1. Dieselbe Maschine im Durchschnitt, an dem Ende, wo der Cylinder sich befindet.

Fig. 2. Grundriss ebendaselbst, nach Hinwegnahme des Stangencirkels.

Fig. 3. Die Maschine von hinten, wo die Injectionspumpen sichtbar sind.

Taf. III. (§. 26. S. 61 ff.)

Fig. 1. 2. Der Schwanz und ein Theil der Maschine im Profil und Grundriss.

Taf. IV. (§. 27. S. 66 ff.)

Fig. 1. 2. Der mikroskopische Stangencirkel.

Taf. V. (§. 21. S. 40 ff.)

Fig. 1. Der Biegungs-, Drehungs- und Schwingungsstuhl im Grundriss.

Fig. 2. Derselbe im Profil von der Seite, samt einer zum Schwingungsversuch mit einer Büchse eingehängten Stange; links das Rad, zum Drehungsversuch gehörig, und oben der Zeiger und Gradbogen zum Biegungsversuch.

Fig. 3. Derselbe von hinten; man sieht die beiden Wagschaalen zum Drehungsversuche und den Arm zur Hebung des obern Balkens bei der Schwingung.

Taf. VI. (§. 23. S. 48.)

Fig. 1. Der Stuhl, eingerichtet zur Drehung; man sieht die Stange in ihren Lagern, und das Drehungsrad.

Fig. 2. Derselbe von der Seite des Drehungsrad, mit den beiden Wagschaalen.

Taf. VII.

Fig. 1. 2. §. 22. S. 45. Derselbe Stuhl bei den Biegungsversuchen.

Fig. 3. S. 167. zeigt die Gestalt einer Stange, die, in der hydraulischen Presse befindlich, zusammengeknüpft wird vor dem Zerreißen.

Taf. VIII.

- Fig. 1. 2. §. 24. S. 52 ff. Die Büchse, welche bei den Schwingungsversuchen an den Stangen befestigt wurde.
- Fig. 3. 4. Der daran befestigte Weiser und der Gradbogen, zur Messung der Schwingungen.
- Fig. 5. §. 22. S. 46. zeigt in natürlicher Grösse die Art, wie beim Biegungsversuche die Stangen in den Rahmen, der sie herabzog, gefasst wurden.

Taf. IX.

- Fig. 1. 2. 3. 4. 5. S. 52. 53. Die verschiedenen Scheiben, womit beim Schwingungsversuch belastet wurde.
- Fig. 6. S. 55. Der Eisendraht in natürlicher Grösse, mit welchem vergleichende Schwingungsversuche angestellt wurden.

Taf. X.

- Fig. 1—10. Verschiedene Arten von Eisen, zu den Versuchen in der Einleitung bis §. 14. gehörig.
- Fig. 11. 12. Hrn. ROTHOFFS Vorrichtung zur Untersuchung der absoluten Stärke. §. 15. S. 29.
- Fig. 13. 14. giebt an, wie die Stangen eingetheilt worden. §. 17. S. 36.
- Fig. 15. Zur Bestimmung des Radius der Gusseisendose. §. 24. S. 57.
- Fig. 16—22. Zur mathematischen Theorie gehörige Zeichnungen.

Taf. XI.

- Fig. 1—9. Zur mathematischen Theorie gehörige Zeichnungen.



Bayerische
Staatsbibliothek
München

VERBESSERUNGEN.

Seite 9, Zeile 6 von oben lies Carlskogo und Dalkarsberg.

- „ 10. In der Note ist dem schwedischen Journal Svea unpassend der Titel Schweden gegeben; an den andern Stellen steht Svea.
- „ 19, Note, steht Zusammenschweissen statt Zusammengärben; eben da lies welding.
- „ 20, Note, lies DUFUR.
- „ 30. Die Note ⁴⁾ gehört nicht zu Nr. 8., sondern gleichfalls noch zu Nr. 3.
- „ 33, Zeile 7, statt Walzmänner lies Walzzeug.
- „ 34, Zeile 1, statt Ausrundung steht besser Rand.
- „ 36, Zeile 23, das zweite Glied der Gleichung muss noch den Factor t haben.
- „ 41, Zeile 19, statt einzige lies einfache.
- „ 60, Zeile 23, statt 2 Dec. Lin. lies 3 Dec. Lin.
- „ 65, Zeile 16, statt: ehe die Presse aufzog, ist passender: wenn eben die Presse aufzog.
- „ 81, Zeile 16, lies vollständiger: verdienen höher getrieben zu werden, als sie es könnten.
- „ 85, Note *), lies Memoires.
- „ 86, Note **), lies scheinen.
- „ 87, Zeile 15, statt Stellung lies Senkung.
- „ 94, in der letzten Gleichung lies $(r-i)$.
- „ 97, Zeile 9, fehlt §. 35. zu Anfang.
- „ 102, Zeile 7, statt m^2 lies M^2 ; auf dieser und folgender Seite ist z und Z bisweilen verwechselt.
- „ 112, Zeile 4, lies $\frac{dx}{dx}$.
- „ 112, Zeile 3 von unten lies Convergenz.
- „ 113, Zeile 14, statt dy lies dy' .
- „ 116, Zeile 6, der Factor $\frac{1}{2}$ im ersten Glied der Gleichung muss weg, ebenso Zeile 12, und diess erste Glied muss in Zeile 12 $+$ seyn.
- „ 126, Zeile 2, lies $(B+$
Der Uebersetzer hat, Abkürzung halber, mehrere Buchstabenbezeichnungen bei der Entwicklung der Formeln, von S. 92. an, eingeführt, die im Original nicht vorkommen; welches bei Vergleichung desselben nicht zu überschen ist.
- „ 139, zu Note *). Der Uebersetzer hat für mehrere Stangen die Grösse C aus der Drehung, gemäss den Versuchen, berechnet, und giebt sie hier:

Werthe von C aus den Drehungsversuchen.

Nr.	0,000.	Nr.	0,000.
1	622	11	804
2	774	17a)	826
4	872	17b)	606
6	863	18	792
9	711	19	716
10	1066	51b)	1292

- „ 192, Zeile 15. Sättlich ist das schwedische Wort.

Im Verlage von J. L. SCHRAG ist ferner erschienen und durch alle Buchhandlungen zu haben:

ACCUM, FR., chemische Belustigungen. Eine Sammlung auffallender und lehrreicher Versuche aus dem Gebiete der Experimental-Chemie. Nach der 3ten englischen Ausgabe mit Zusätzen bearbeitet von dem Verfasser. Mit 2 Kupfert. gr. 8°. 1824. 1 Thlr. 16 Gr.

od. 3 Fl.

Archiv für die gesammte Naturlehre, in Verbindung mit mehreren Gelehrten herausgegeben vom Dr. K. W. G. Kastner. Erster bis fünfzehnter Band, oder Jahrgang 1824 bis 1828, in 12 Monatsheften, mit Kupfern und Umschlag. gr. 8°. Ein jeder Jahrgang kostet 8 Thlr. od. 14 Fl. 24 Xr.

BERZELIUS, J., die Anwendung des Löthrohrs in der Chemie und Mineralogie. Zweite Auflage, mit 4 Kupfertaf. gr. 8°. 1828. 3 Thlr. od. 4 Fl. 30 Xr.

— — neues System der Mineralogie. Aus dem Schwedischen von Dr. Chr. Gmelin und W. Pfaff. gr. 8°. 1816. 18 Gr. od. 1 Fl. 12 Xr.

— — und **LAGERHJELM**, alphabetisches Verzeichniss der Gehalte sämmtlicher bekannter chemischer Verbindungen. Aus dem Französischen mit Bemerk. über chemische Nomenklatur von Meineke. gr. 8°. 1820. 16 Gr. od. 1 Fl.

— — über die Zusammensetzung der Schwefel-Alkalien. Aus dem Schwedischen von C. Palmstädt. gr. 8°. 1822. 9 Gr. od. 36 Xr.

FISCHER, Dr. N. W., über die Wirkung des Lichts auf das Hornsilber. In Umschl. geheftet, auch als Beilage zum Journal für Chemie. Jahrg. 1813. gr. 8°. 1814. 12 Gr. od. 54 Xr.

FUCHS, J. N., über ein neues nutzbares Product aus Kieselerde und Kali. gr. 8°. 1825. Im Umschlag. 9 Gr. od. 36 Xr.

GLOCKER, E. F., Handbuch der Mineralogie für Vorlesungen und zum Privatgebrauch bestimmt. 8°. 1828.

GROTHUSS, TH. v., physisch-chemische Forschungen. Erster Band, mit 2 Kupfertaf. gr. 4°. 1820. 1 Thlr. 21 Gr. od. 3 Fl. 9 Xr.

— — Verbindungsverhältniss- oder chemische Aequivalenten-Tafeln, in Raum- und Gewichtstheilen der einfachen und zusammengesetzten Körper des unorganischen Reichs etc. Fol. auf Schreibpap. 18 Gr. od. 1 Fl. 12 Xr.

GRUITHUISEN, Fr. v. P., Gedanken und Ansichten über die Ursachen der Erdbeben nach der Aggregations-Theorie der Erde. gr. 8°. 1825. 9 Gr. od. 42 Xr.

HEINRICH, J. P., die Phosphorescenz der Körper, nach allen Umständen untersucht und erläutert. Fünf Abhandlungen. gr. 4°. 83 Bogen. 6 Thlr. 22 Gr. od. 10 Fl. 48 Xr.

HOLLUNDER, C. F., Tagebuch einer metallurgisch-technologischen Reise durch Mähren, Böhmen, einen Theil von Deutschland und der Niederlande. Mit 27 lithograph. Quarttafeln. gr. 8°. 1824. 3 Thlr. 4 Fl. 30 Xr.

— — Versuch einer Anleitung zur mineralurgischen Probir-Kunst auf trockenem Wege. Ein Handbuch für angehende Probirer, rationelle Hüttenleute, Analytiker, Apotheker, Fabrikanten, Metallarbeiter, Technologen und für Freunde der angewandten Naturwissenschaften überhaupt. Nach eigenen Erfahrungen und mit Benutzung der neuesten Entdeckungen. 3 Theile. gr. 8°. 1826. 4 Thlr. 12 Gr. od. 7 Fl.

— — Beiträge zur Begründung einer analytischen Chemie auf trockenem Wege. gr. 8°. 1827. 1 Thlr. 20 Gr. od. 3 Fl.

Journal, neues, für Chemie und Physik, in Verbindung mit mehreren Gelehrten herausgeb. von J. S. C. Schweigger. Erster bis dreissigster Band, oder die Jahrgänge 1811 bis 1820. Jeder einzelne Jahrgang, in 12 monatlichen Heften mit Kupfern u. Umschlag kostet 8 Thlr. od. 14 Fl. 24 Xr.

(Die zehn Jahrgänge, im Ladenpreise 80 Thlr. od. 144 Fl., werden zur Erleichterung des Ankaufes bei baarer Zahlung für 60 Thlr. od. 108 Fl. erlassen.)

Journal etc., desselben Neue Reihe, auch unter dem Titel: Jahrbuch der Chemie und Physik etc. Herausgeb. von Dr. J. S. C. Schweigger. Erster bis neunter Band od. die Jahrgänge 1821, 1822 u. 1823. Jeder Jahrgang 8 Thlr. od. 14 Fl. 24 Xr. (Wird in Halle fortgesetzt.)

LEONHARD und SELB's mineralogische Studien. Erster Theil, mit Kupfern und Karten. 8°. 1812. 1 Thlr. 12 Gr. od. 2 Fl. 45 Xr.

MEISSNER, P. T., die Araeometrie in ihrer Anwendung auf Chemie und Technik. Zwei Theile. Mit 33 Tabellen und 5 grossen Kupfertaf. gr. 8°. 1816. 5 Thlr. 8 Gr. od. 9 Fl.

NÜSSLEIN, F. A., schematische Darstellung der Mineralkörper nach ihren Klassen, Ordnungen, Geschlechtern und Familien. 8°. 1812. 12 Gr. od. 45 Xr.

PFÄFF, C. H., über das chemische Gebläse mit explosiven Gasgemengen, oder den sogenannten Newmannschen Apparat. Eine Zusammenstellung der bis jetzt darüber bekannt gewordenen Arbeiten, nebst eigenen Experimental-Untersuchungen. Mit 2 Kupfertaf. gr. 8°. 1819. 12 Gr. od. 48 Xr.

POPPE, J. H. M., Noth- und Hülf-Lexikon zur Behütung des menschlichen Lebens vor allen erdenklichen Unglücksfällen und zur Rettung aus den Gefahren zu Lande und zu Wasser. Drei Bände mit 9 Kupfertaf. gr. 8°. 1811–1815. 4 Thlr. 6 Gr. od. 7 Fl. 24 Xr.

(Insbesondere von den Gefahren bei verschiedenen Handwerken und Fabriken, desgleichen von den Gefahren der Berg- und Hüttenleute und den nöthigen Vorsichtsregeln und Rettungsmitteln.)

RAUMER, K. v., geognostische Fragmente. Mit einer Charte. gr. 8°. 1811. 12 Gr. od. 54 Xr.

Rechenstäbe, logarithmische, nach Lambert und Wollaston und ihrer Beschreibung im Journal für Chemie, 14ter Band, 1stes Heft, von 4 Fuss Länge.

a) Bloss mit geometrischer Linie, von Birnbaumholz nebst Kästchen. Netto 3 Thlr. od. 5 Fl.

b) Mit der arithmetischen Linie, so wie mit der für Sinuse und Tangenten. Aus Birnbaumholz mit Kästchen. Netto 5 Thlr. od. 8 Fl. 45 Xr.

SCHUBERT, G. K., Handbuch der Geognosie und Bergbaukunde. gr. 8°. 1813. 2 Thlr. 12 Gr. od. 4 Fl. 12 Xr.

— — Handbuch der Kosmologie. gr. 8°. 1823. 2 Thlr. od. 3 Fl. 36 Xr.

— — vollständiges Handbuch der Naturgeschichte, zum Gebrauche bei seinen Vorlesungen. V Theile. gr. 8°. 12 Thlr. od. 21 Fl. 36 Xr.

SCHWEIGGER, J. S. C., über die Umdrehung der magnetischen Erdpole, und ein davon abgeleitetes Gesetz des Trabanten- und Planeten-Umlaufes, in Briefen an W. Pfaff, nebst einem Schreiben des letztern über Keplers Weltharmonie. gr. 8°. 1814. 9 Gr. od. 36 Xr.

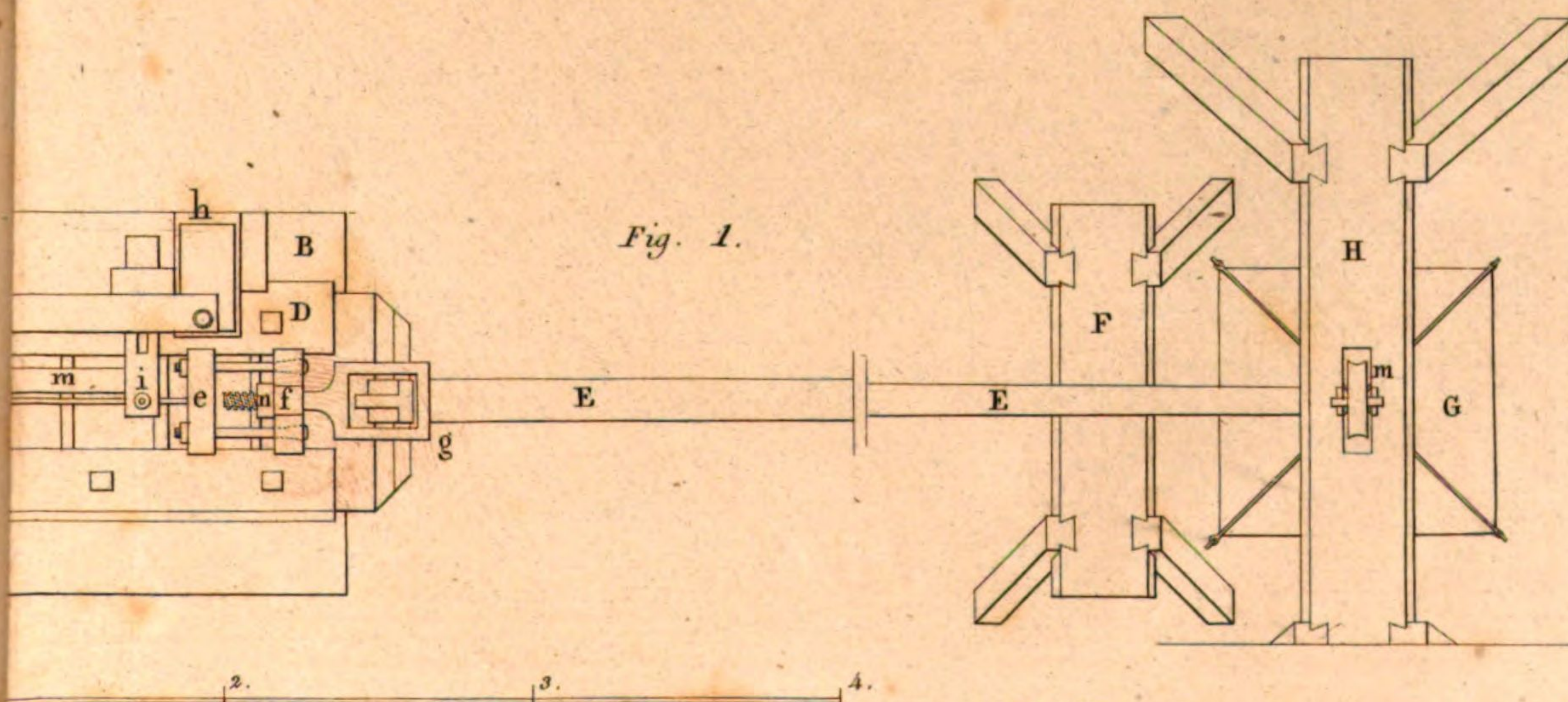
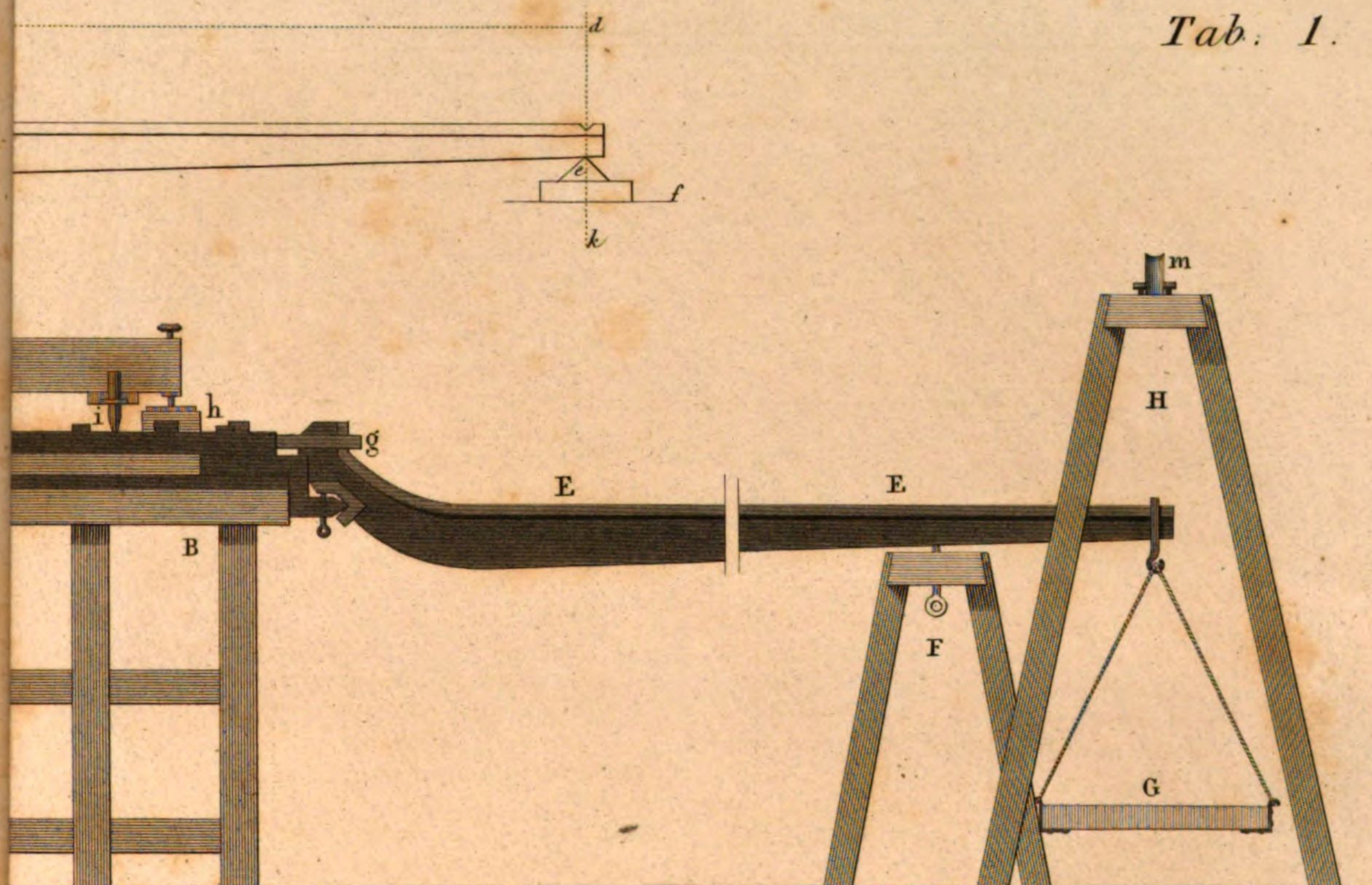
— — über die älteste Physik und den Ursprung des Heidenthums aus einer missverstandenen Naturweisheit. gr. 8°. II Abhandl. 18 Gr. od. 1 Fl. 12 Xr.

SPÄTH, J. L., über die Entstehung und Ausbildung des Sternhimmels, oder die Cosmogenie, nach eigenen Ansichten. gr. 8°. 1815. 1 Thlr. 6 Gr. od. 1 Fl. 54 Xr.

— — Abhandlung über die Kröpfe der Mühlenrinne und Beschaufung unterschlächtiger Räder, wonach für jedes Locale einer Mühle der Druck des Wassers auf die Radschaufeln am grössten wird; für Techniker und Mühlenbaumeister. 1815. 6 Gr. od. 24 Xr.

WERNEBURG, Dr. J. F. C., merkwürdige Phänomene an und durch verschiedene Prismen. Zur richtigen Würdigung der Newtonschen und v. Götheschen Farbenlehre. Mit 8 illumin. Kupfertaf. gr. 4°. 1817. 21 Gr. od. 1 Fl. 30 Xr.

Tab. 1.



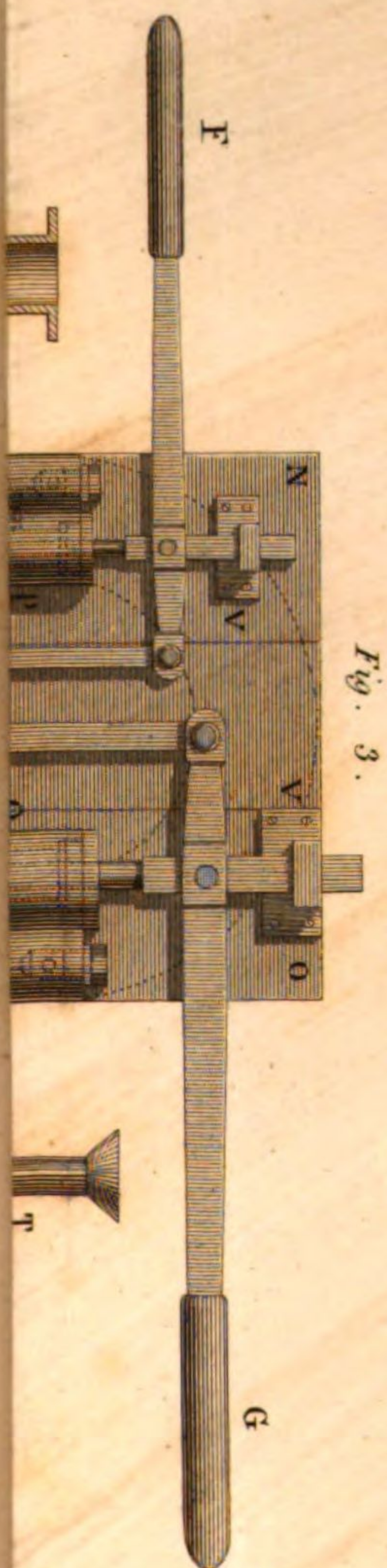
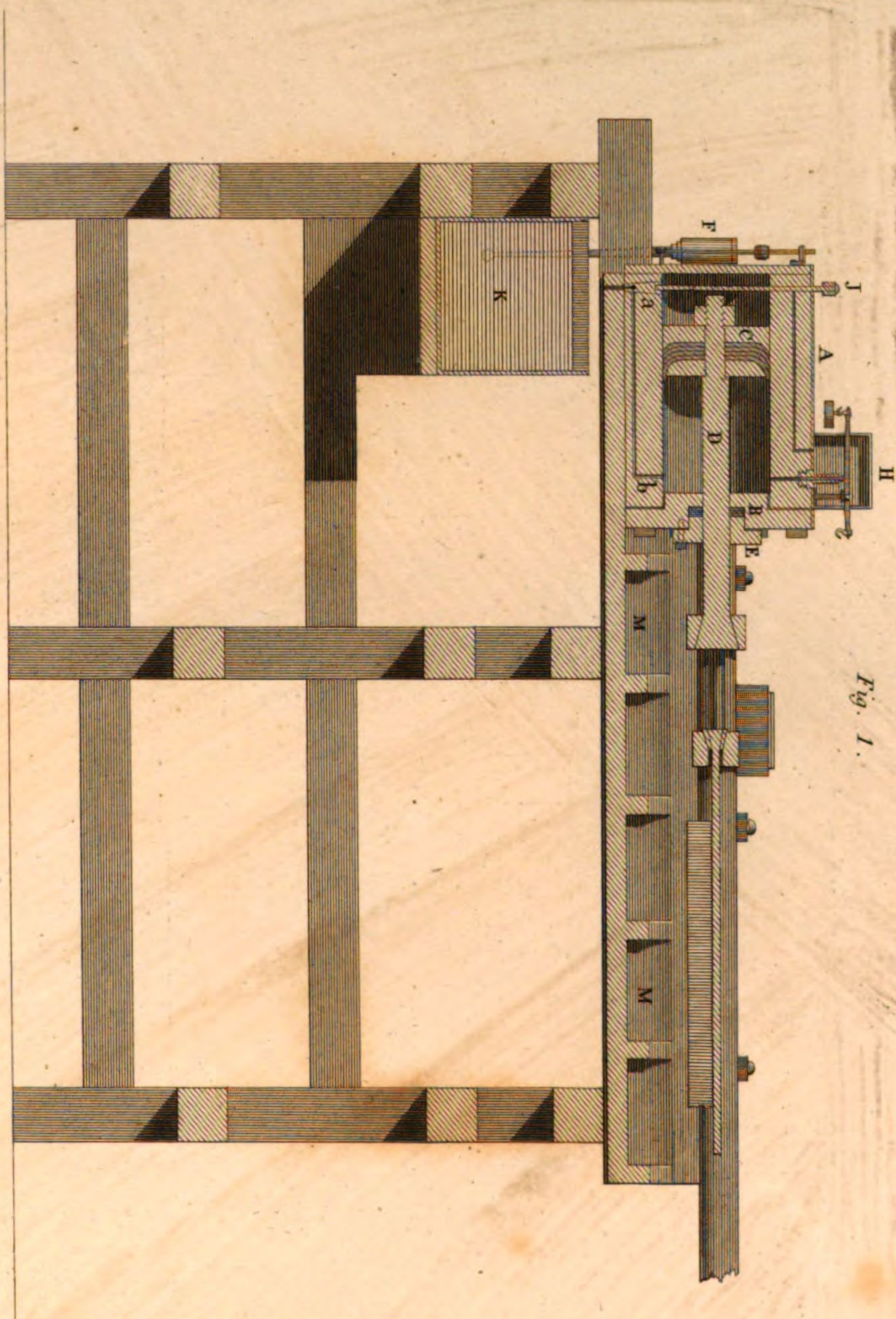


Fig. 1.

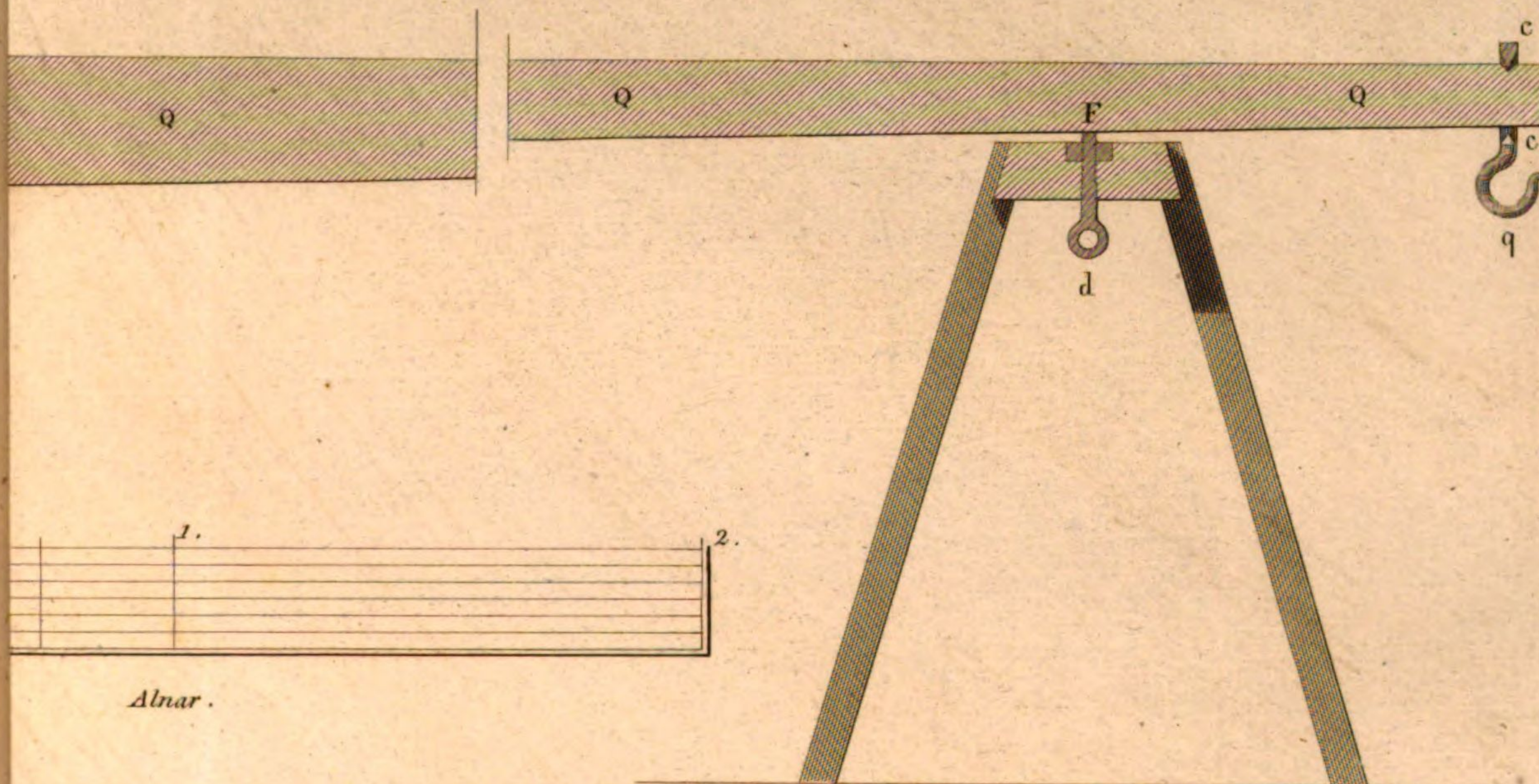
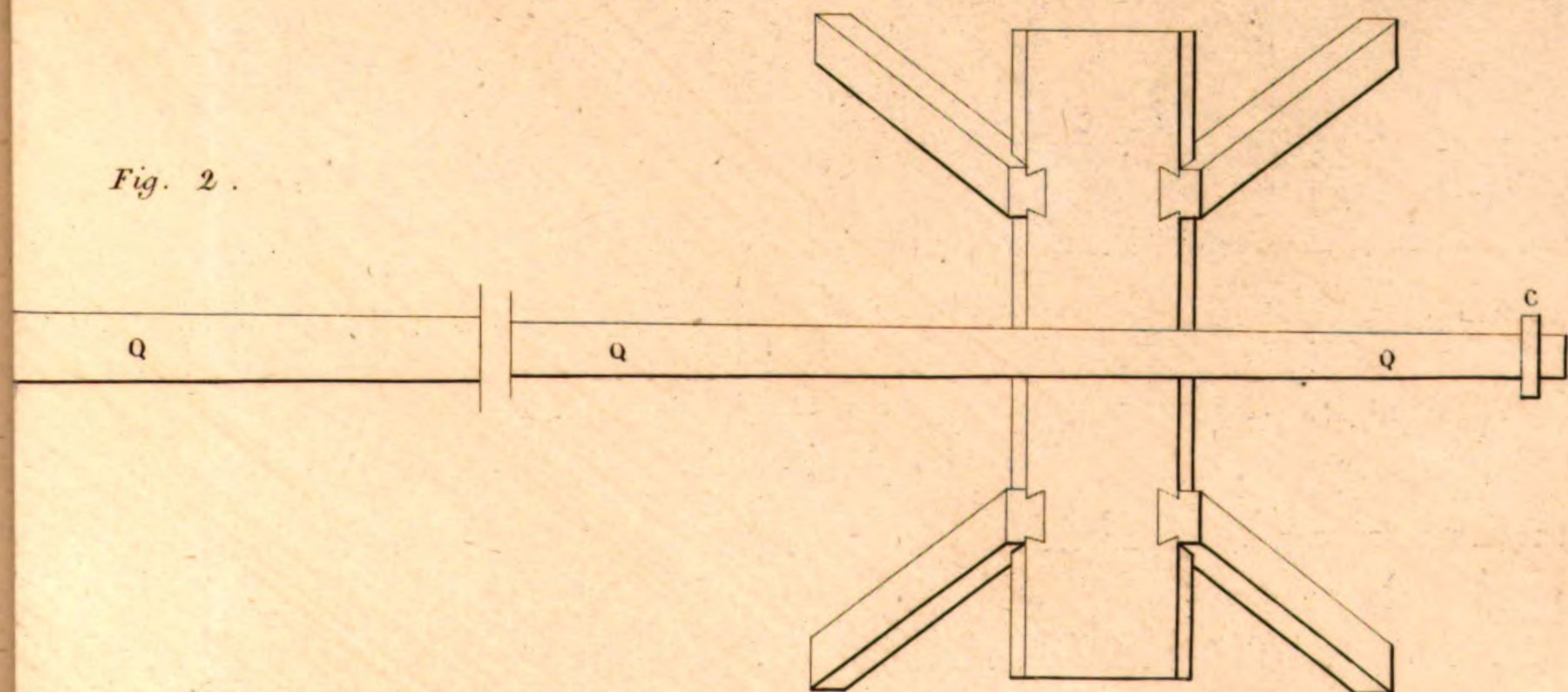
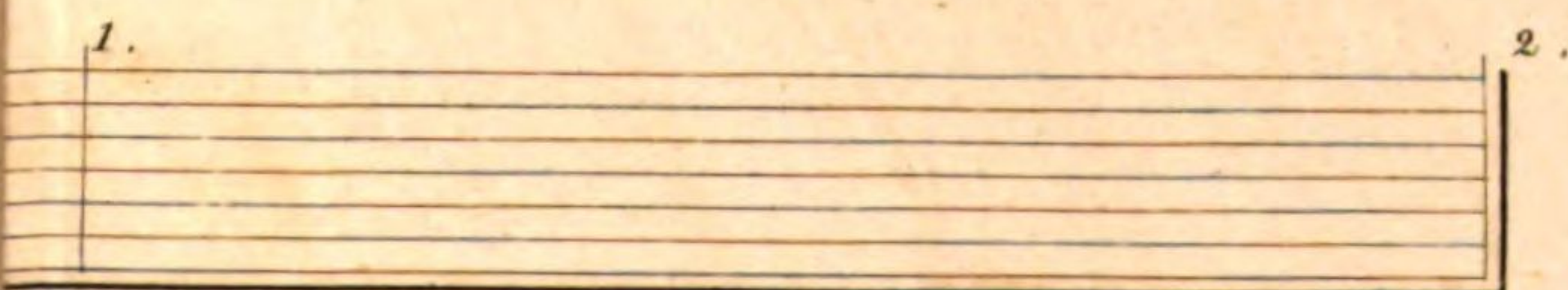
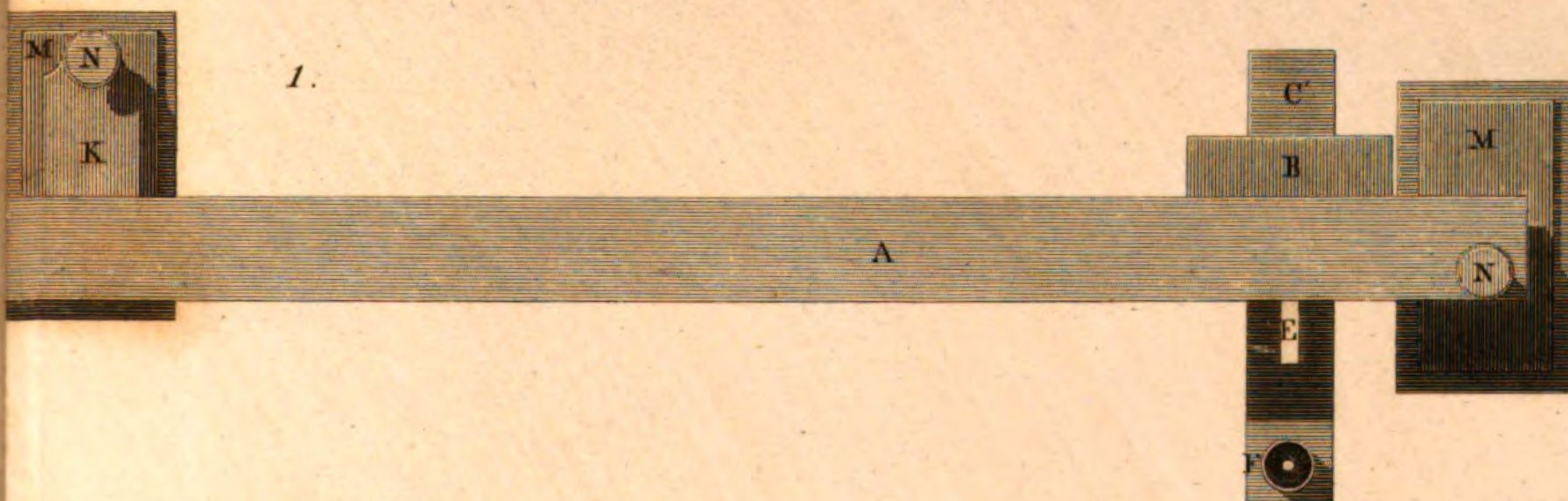
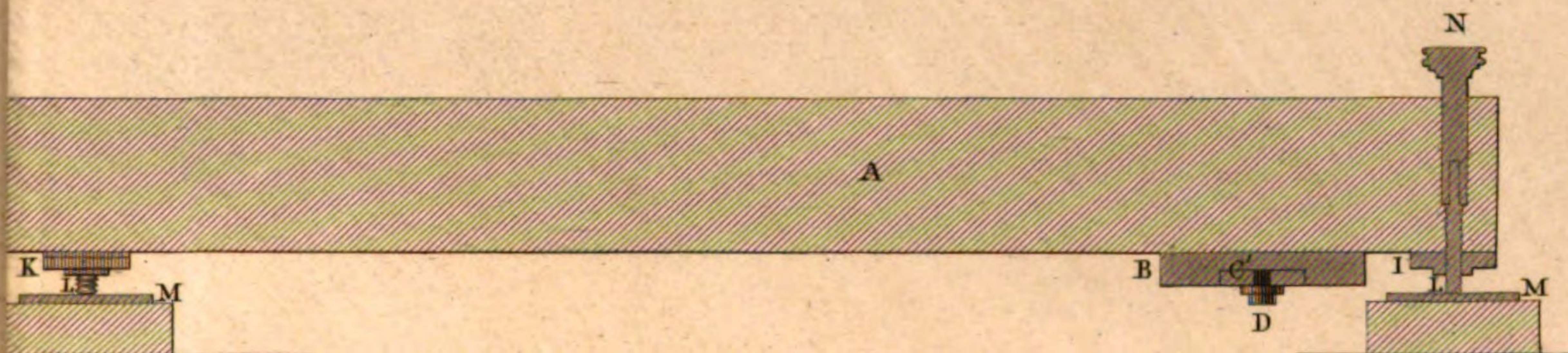


Fig. 2.



Tab. IV.

g. 2



Inar.

Fig. 3.

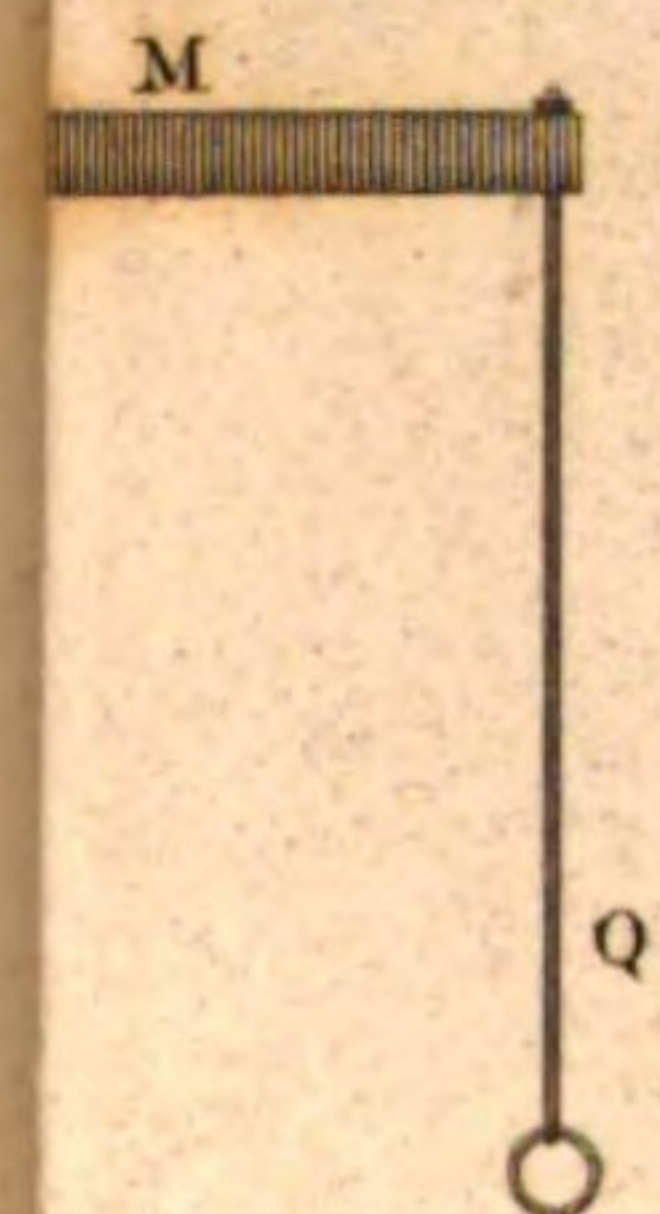
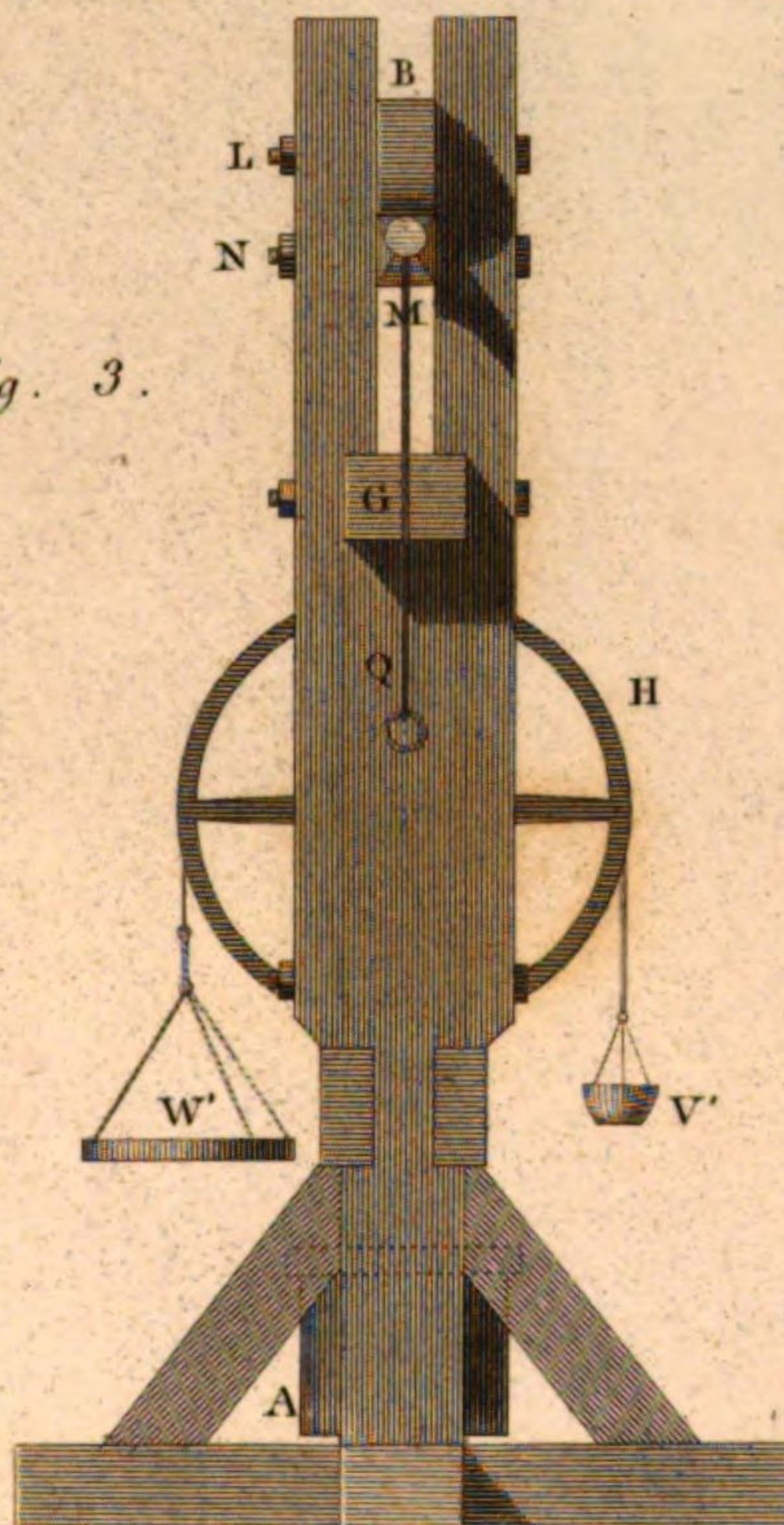
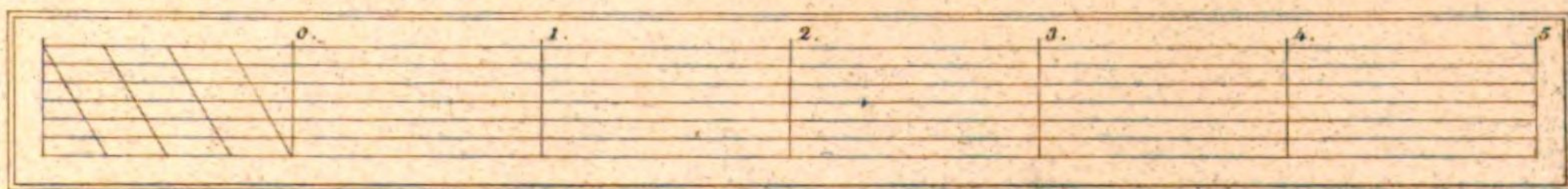


Fig. 2.



Alnar.

Fig. 2.

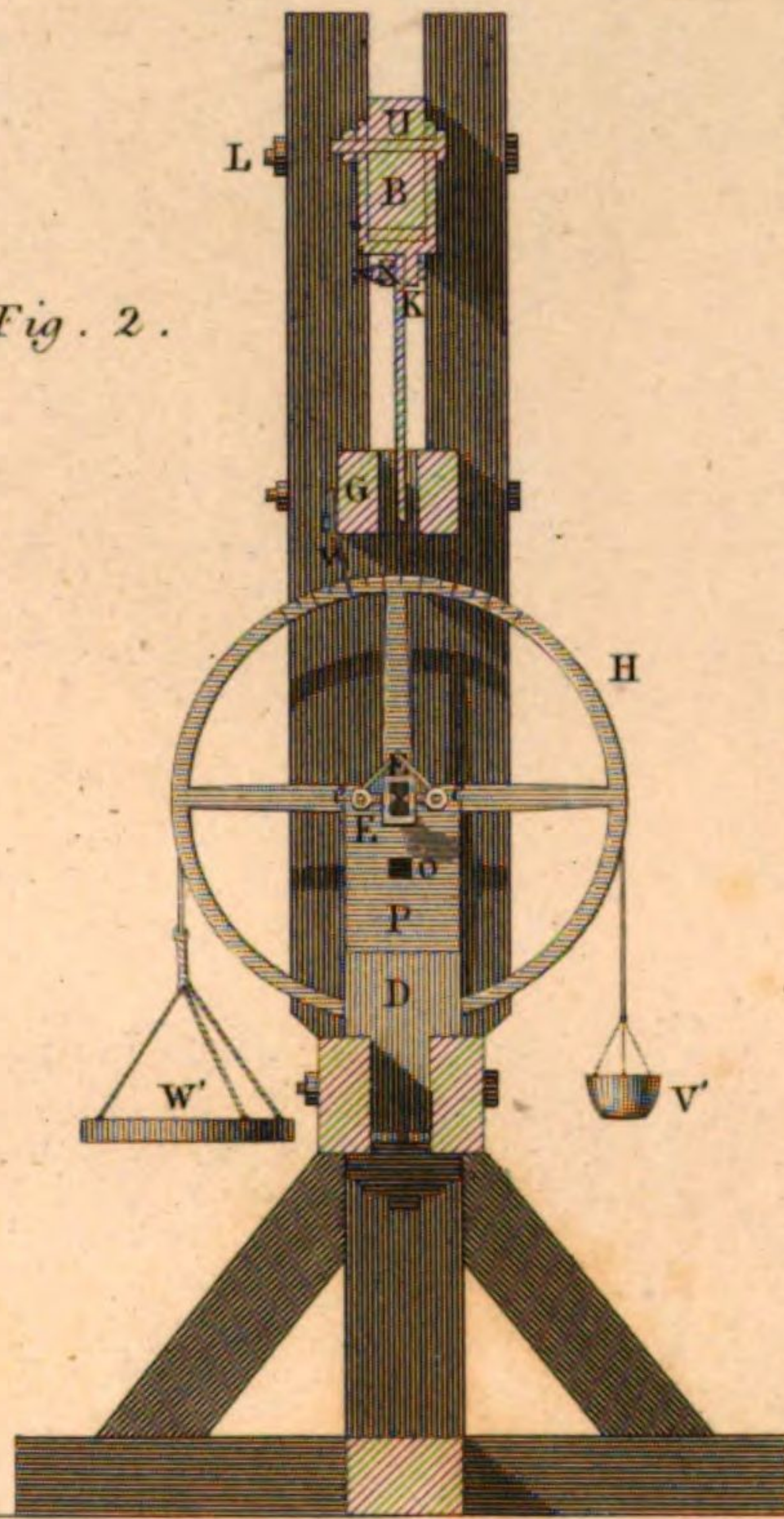
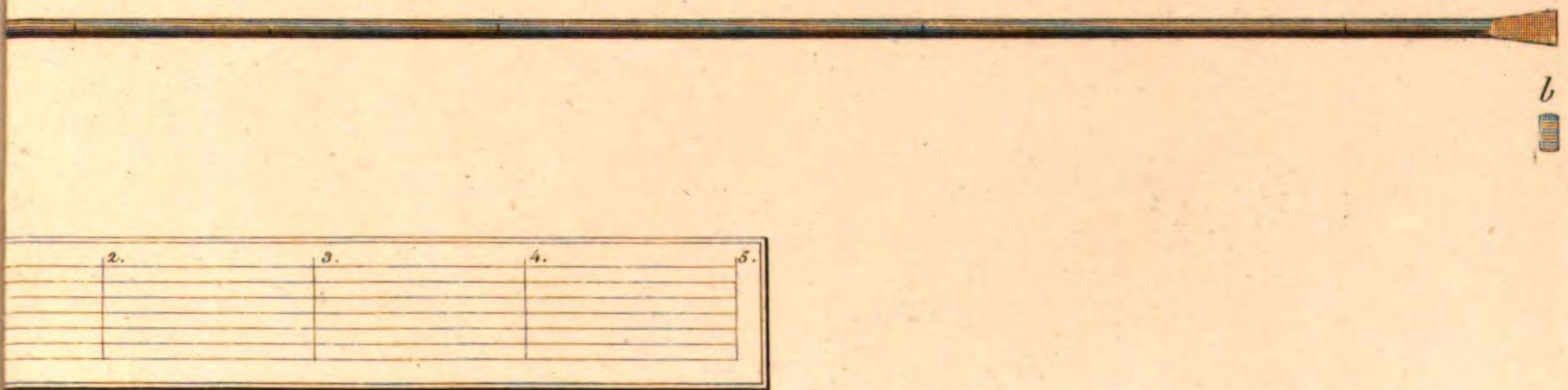
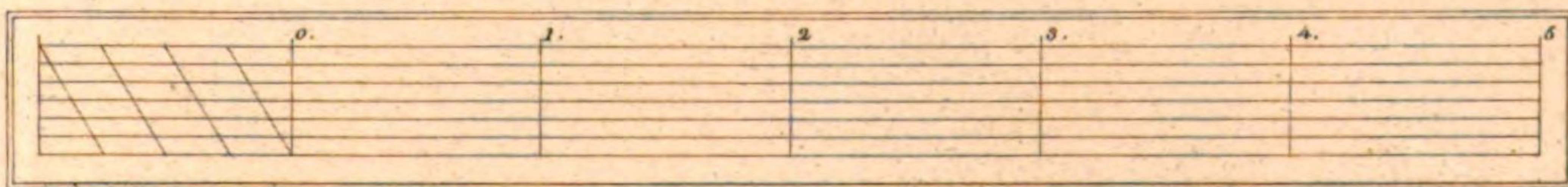
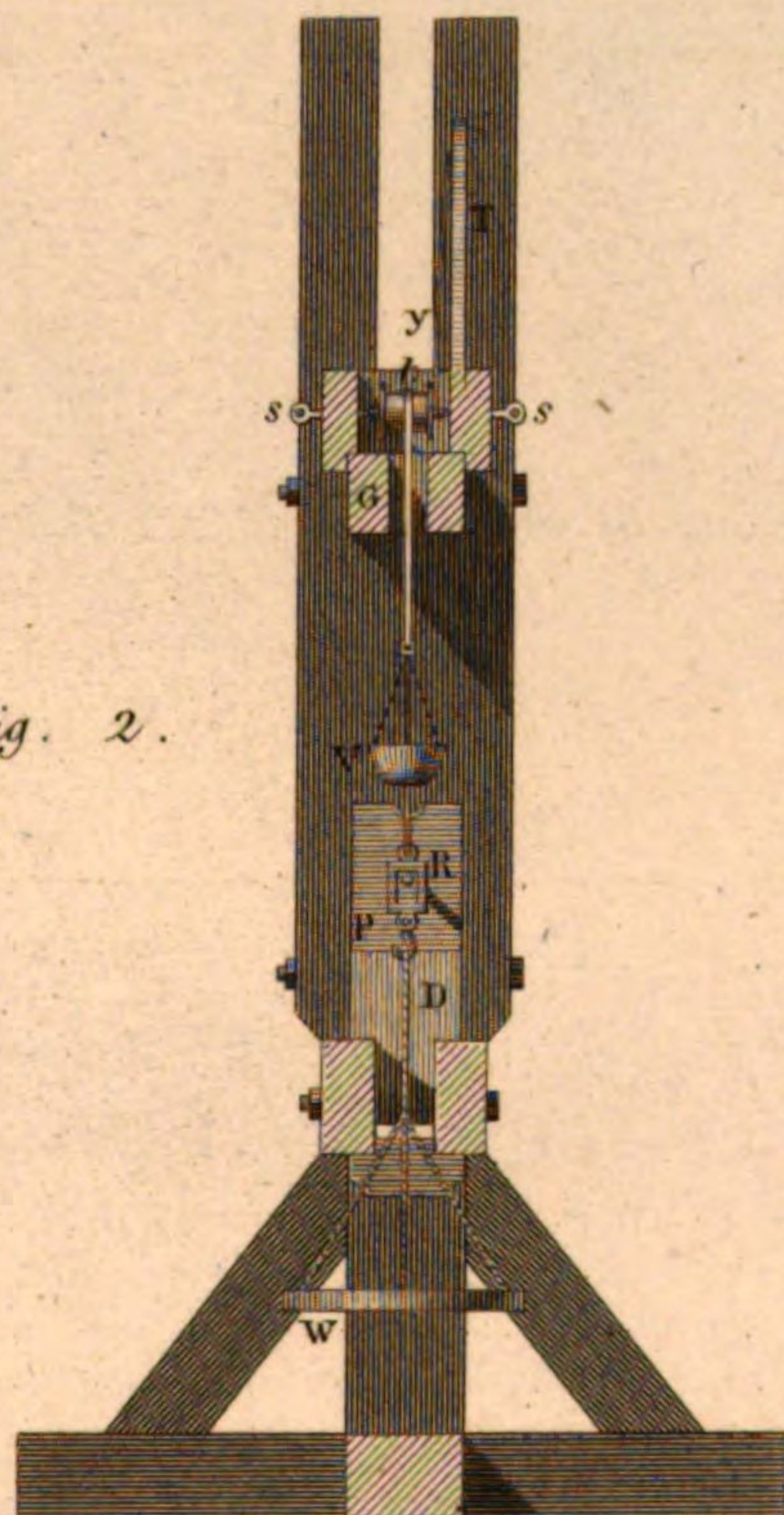


Fig. 3.



Alnar.

Fig. 2.



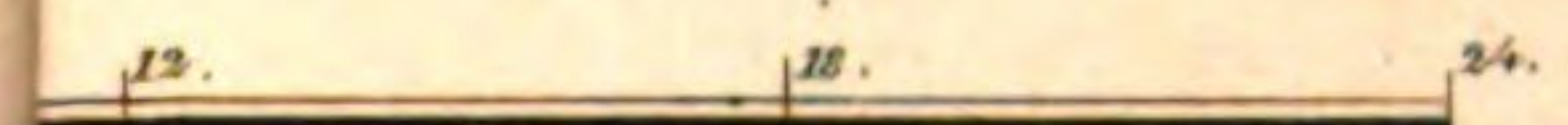
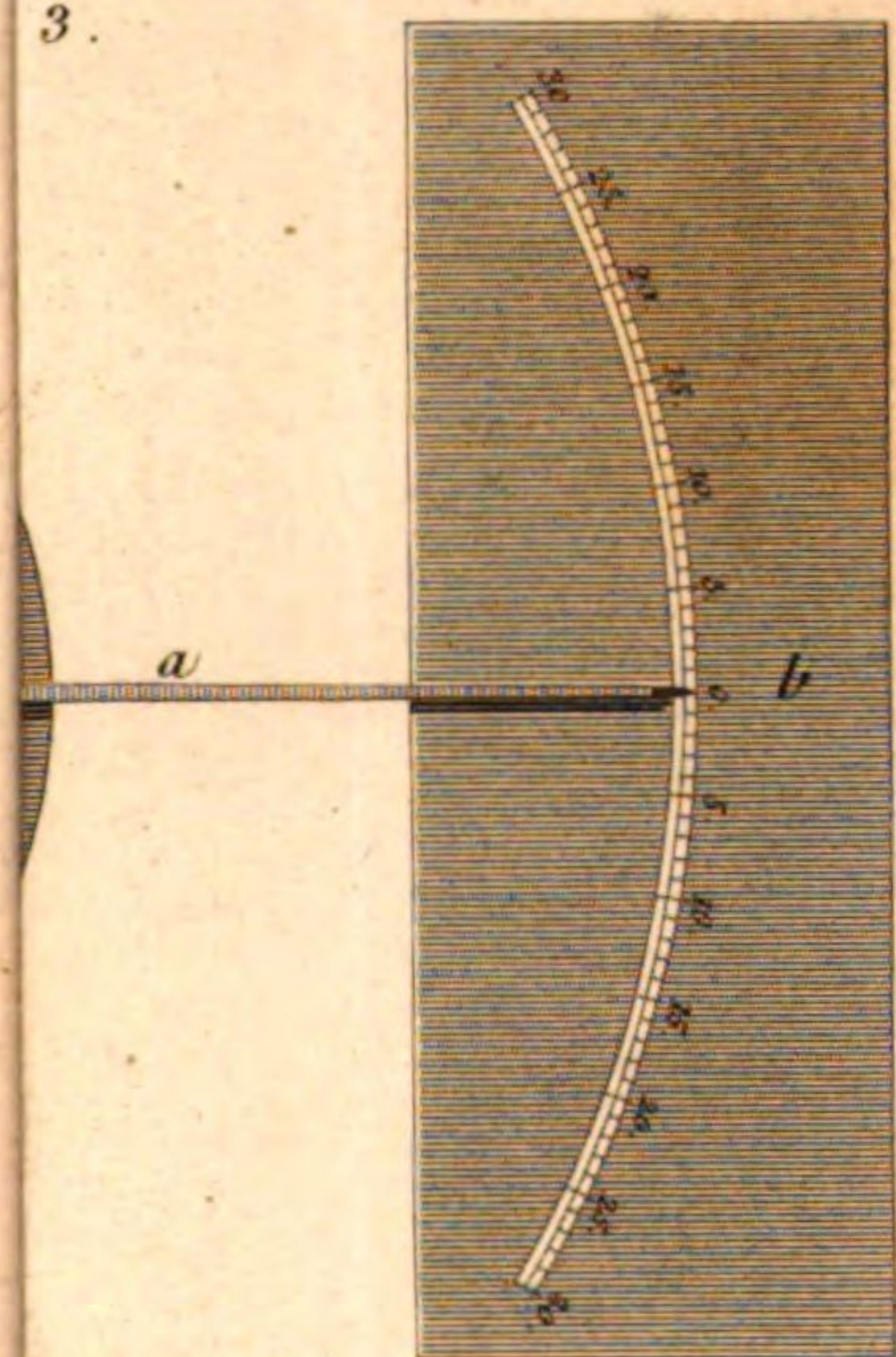
Alnar.

Tab. VIII.

4.

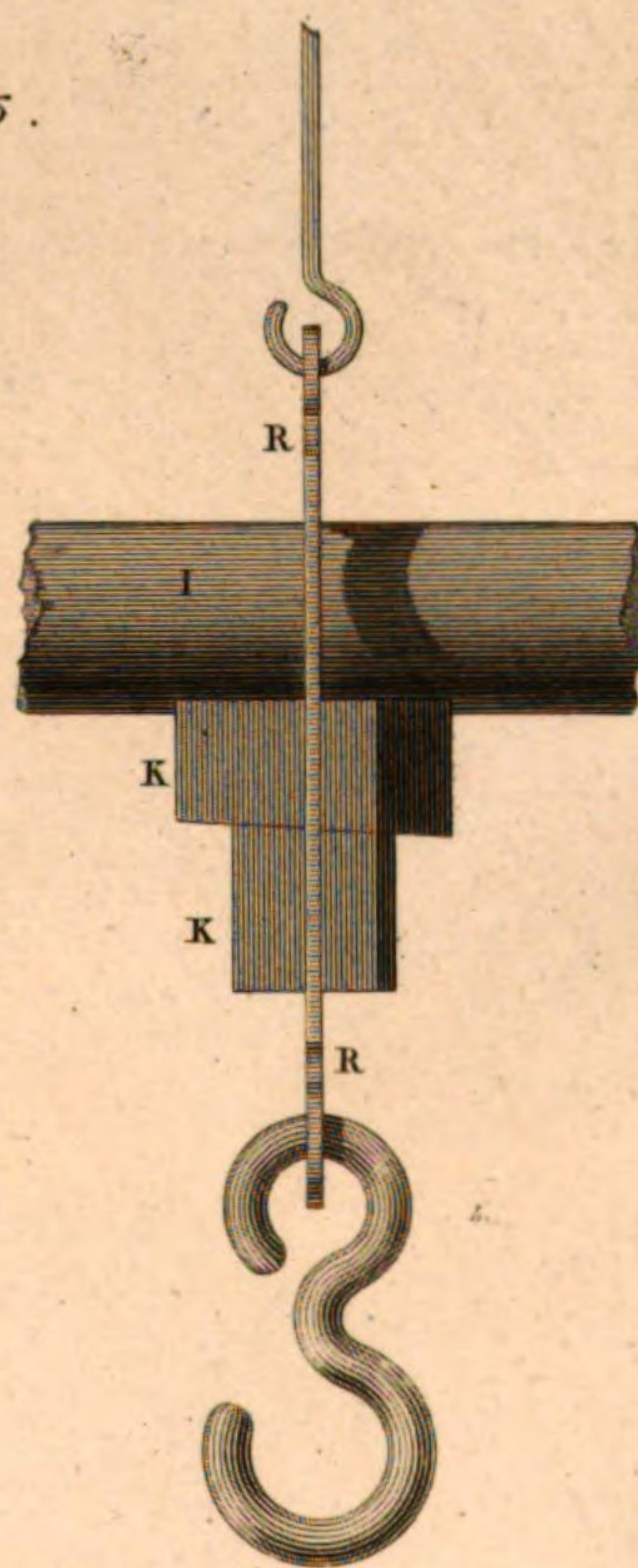
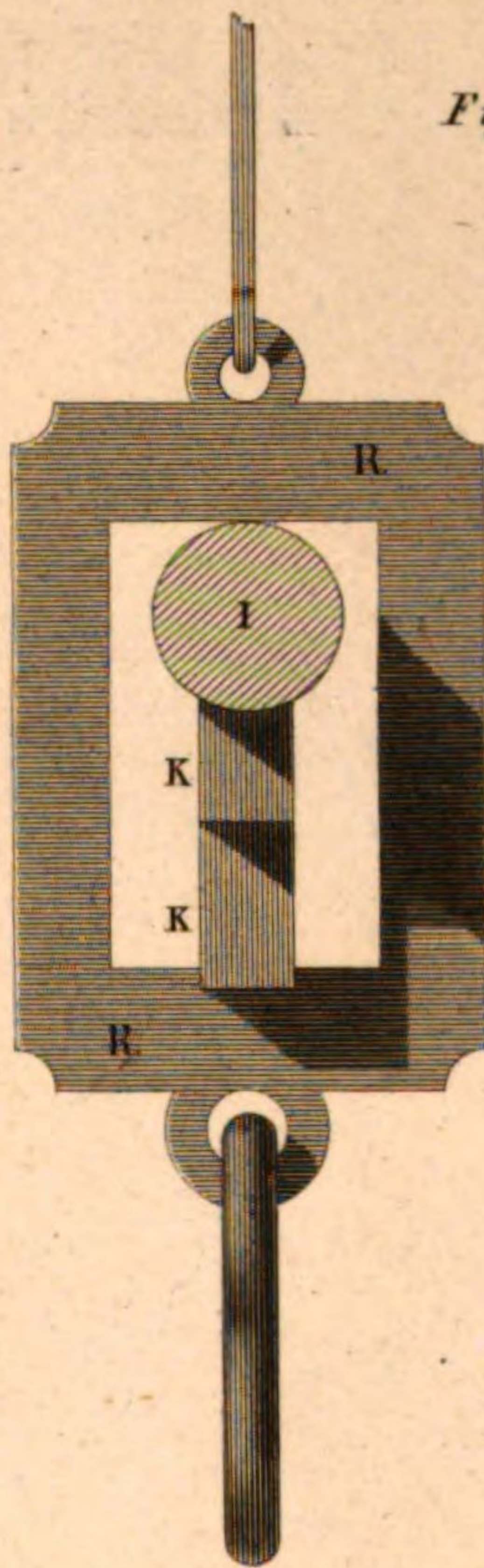


3.

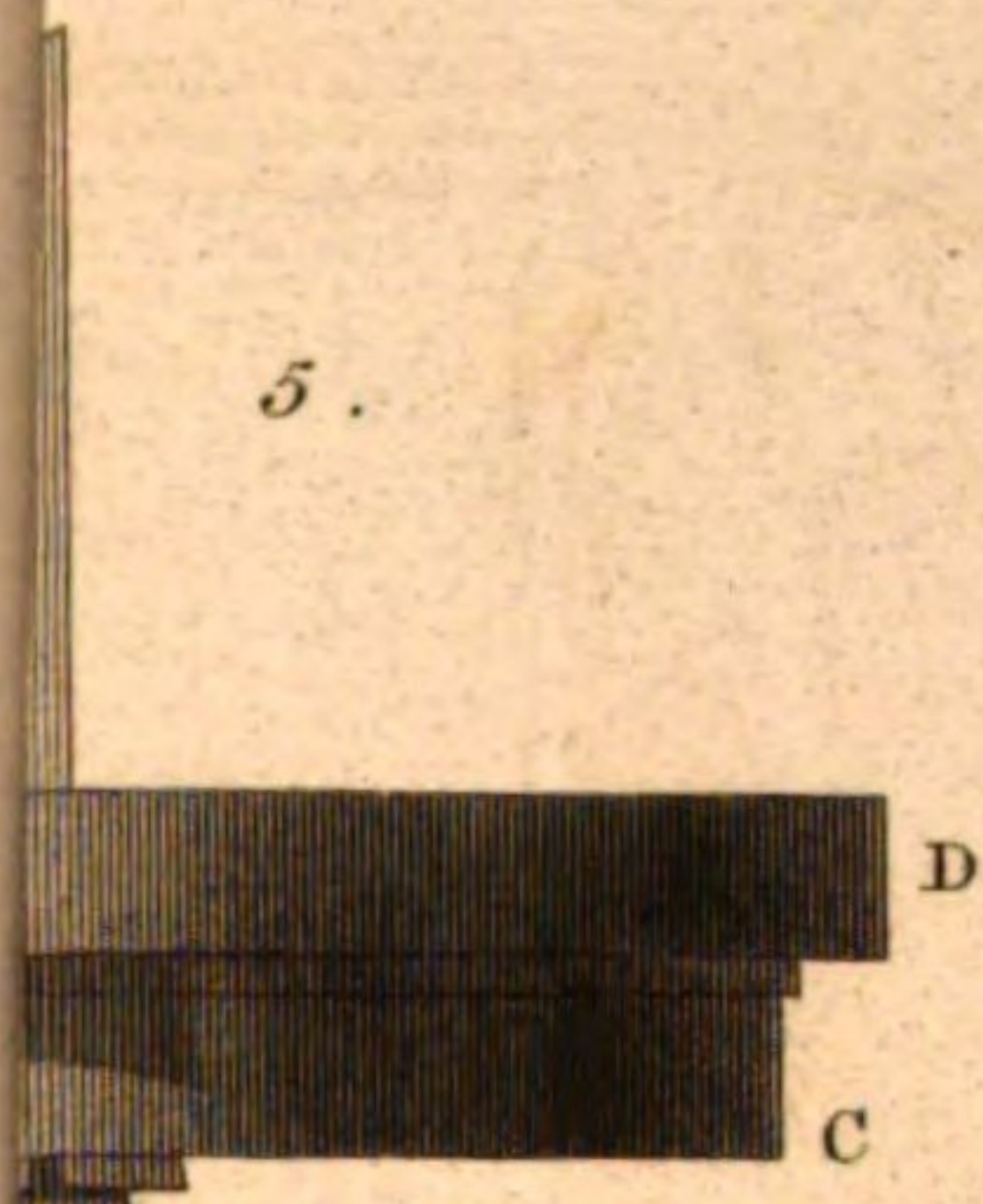


Turn.

Fig. 5.



5.



3.

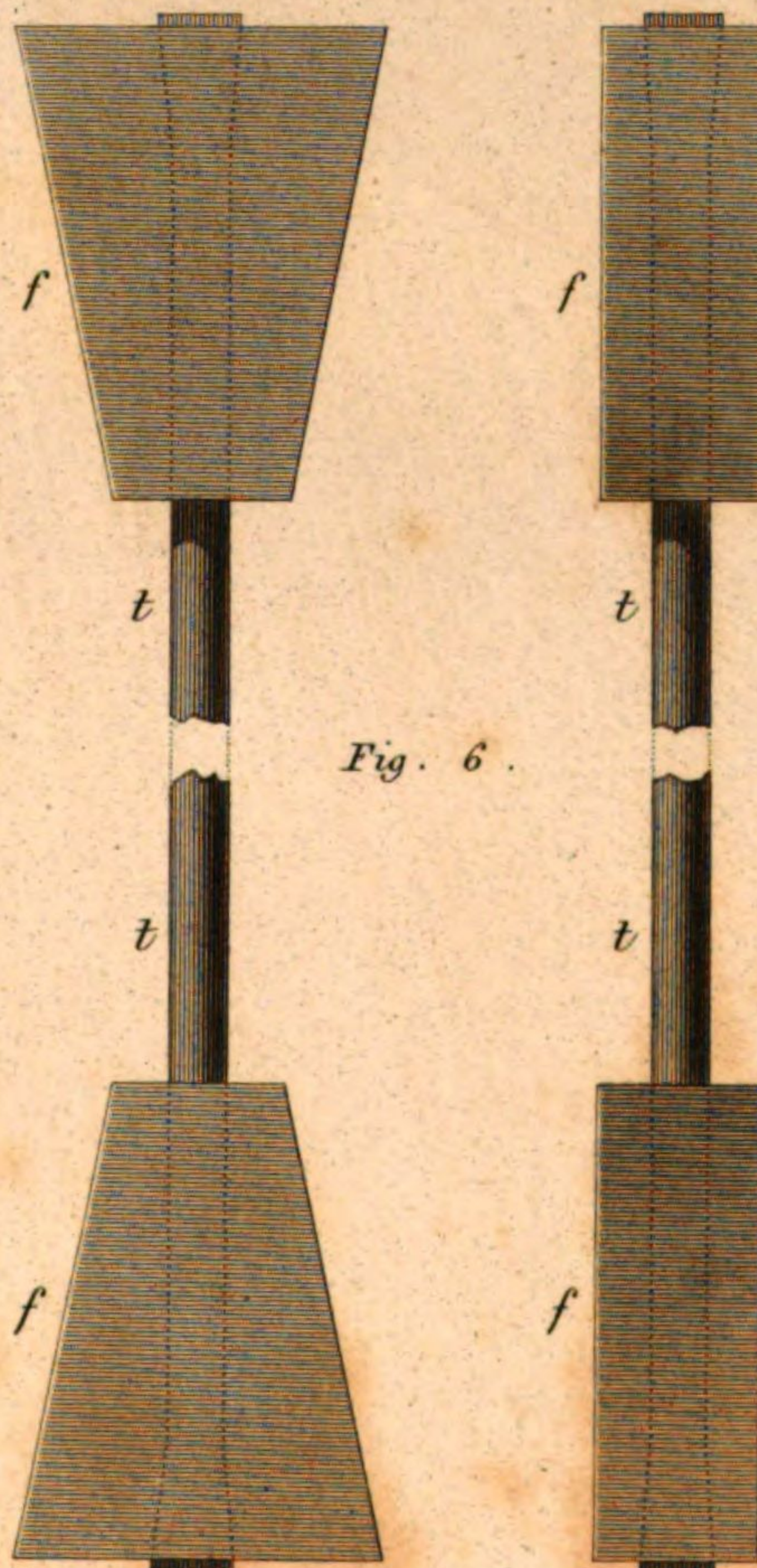
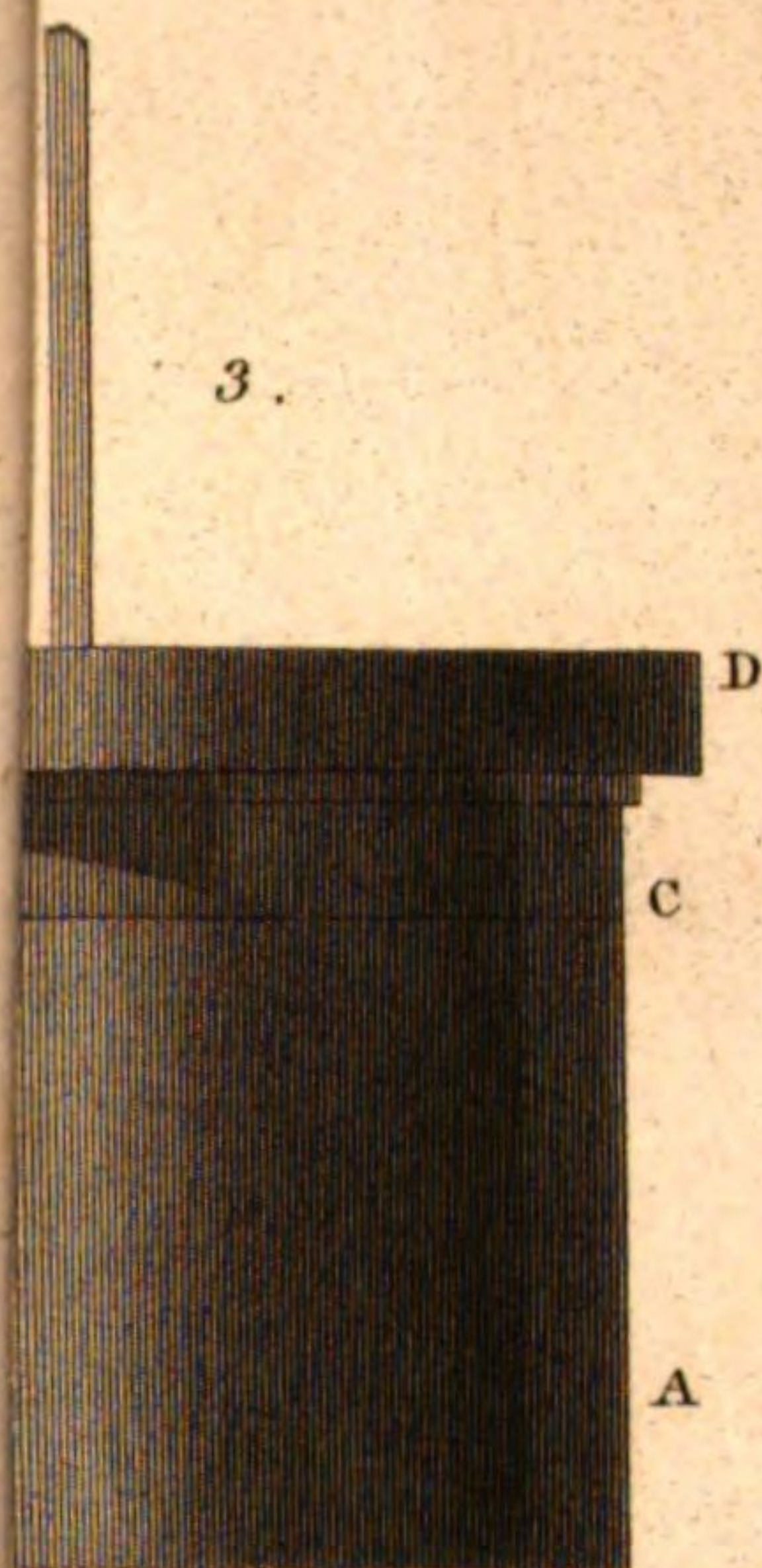


Fig. 6.

12. 18. 24.

um.

Fig. 2.

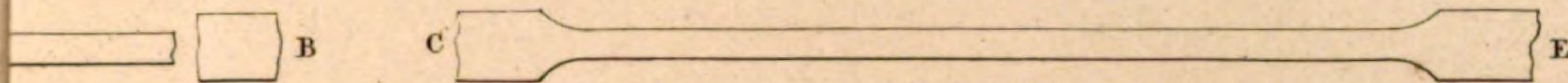


Fig. 8.

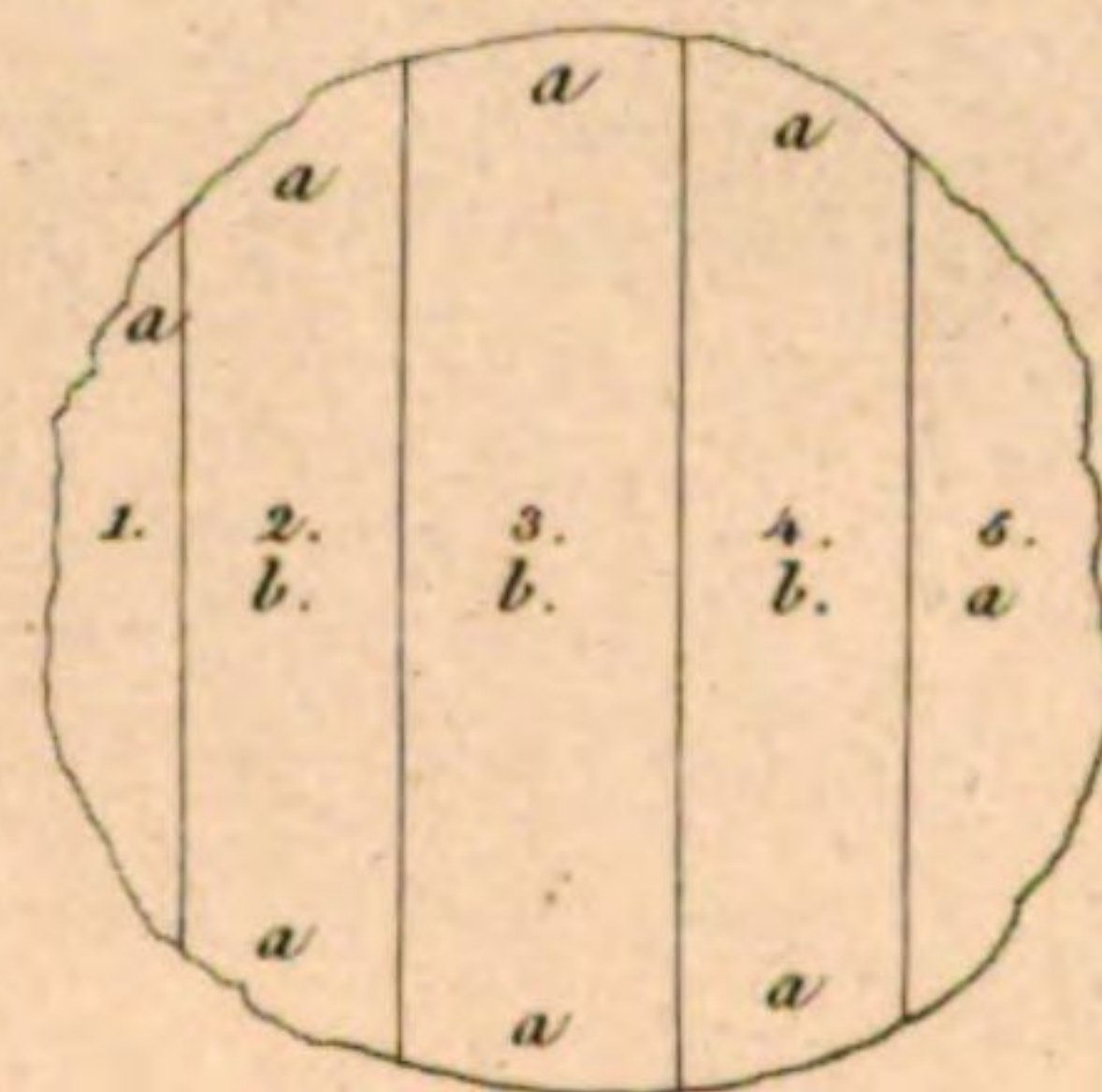


Fig. 9.

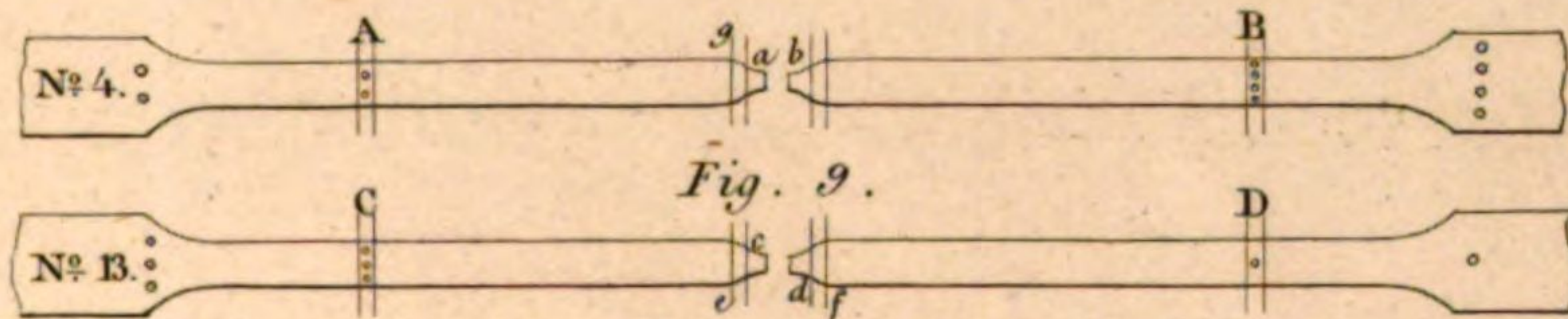
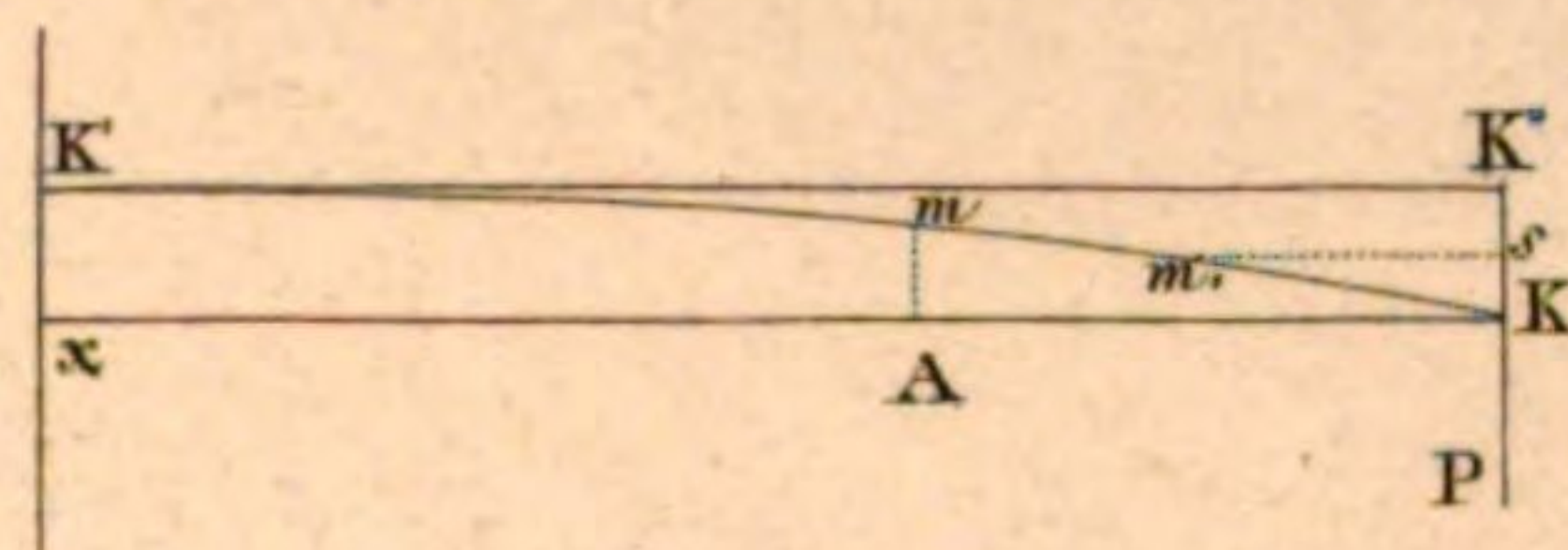


Fig. 16.



20.

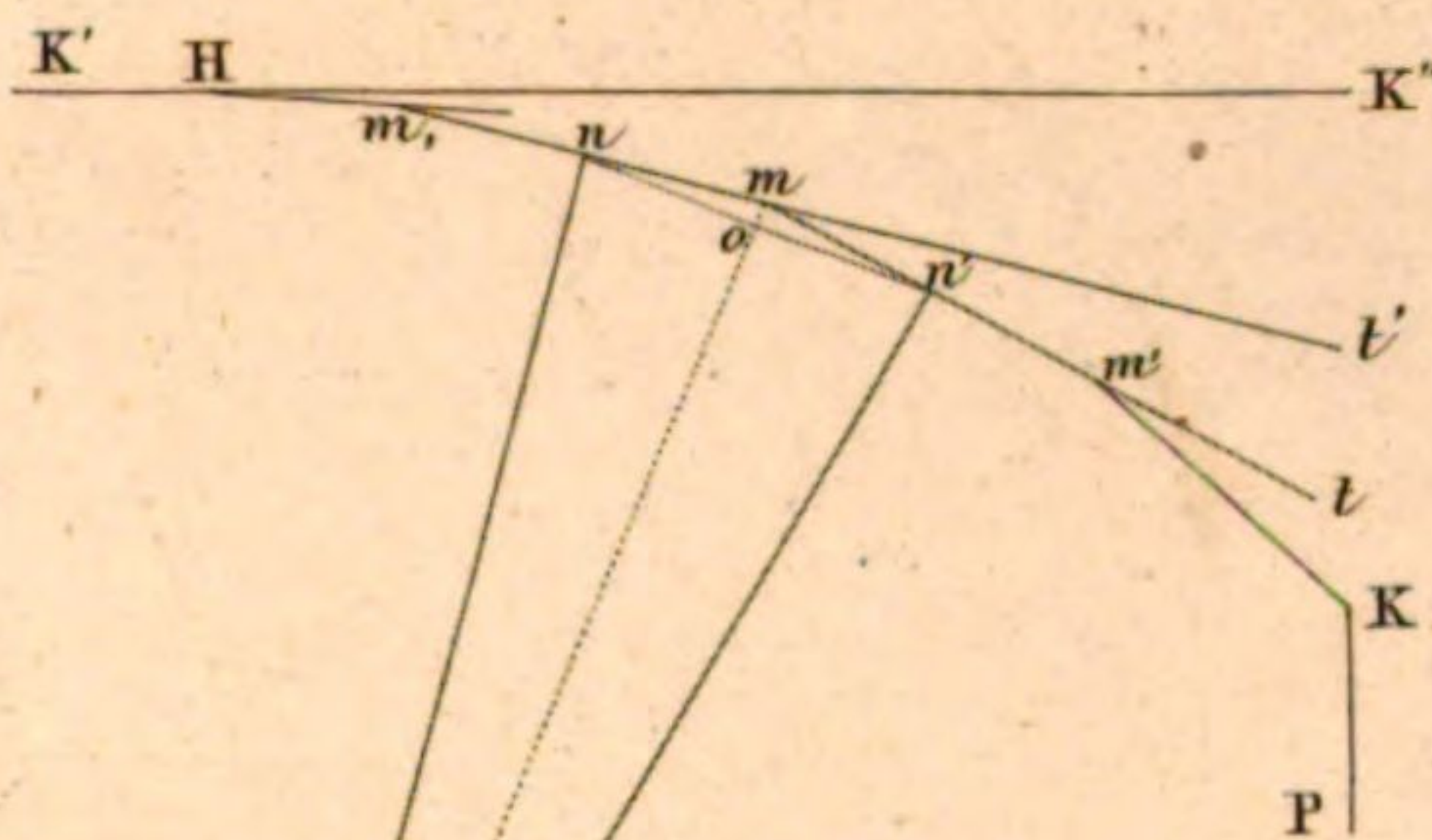
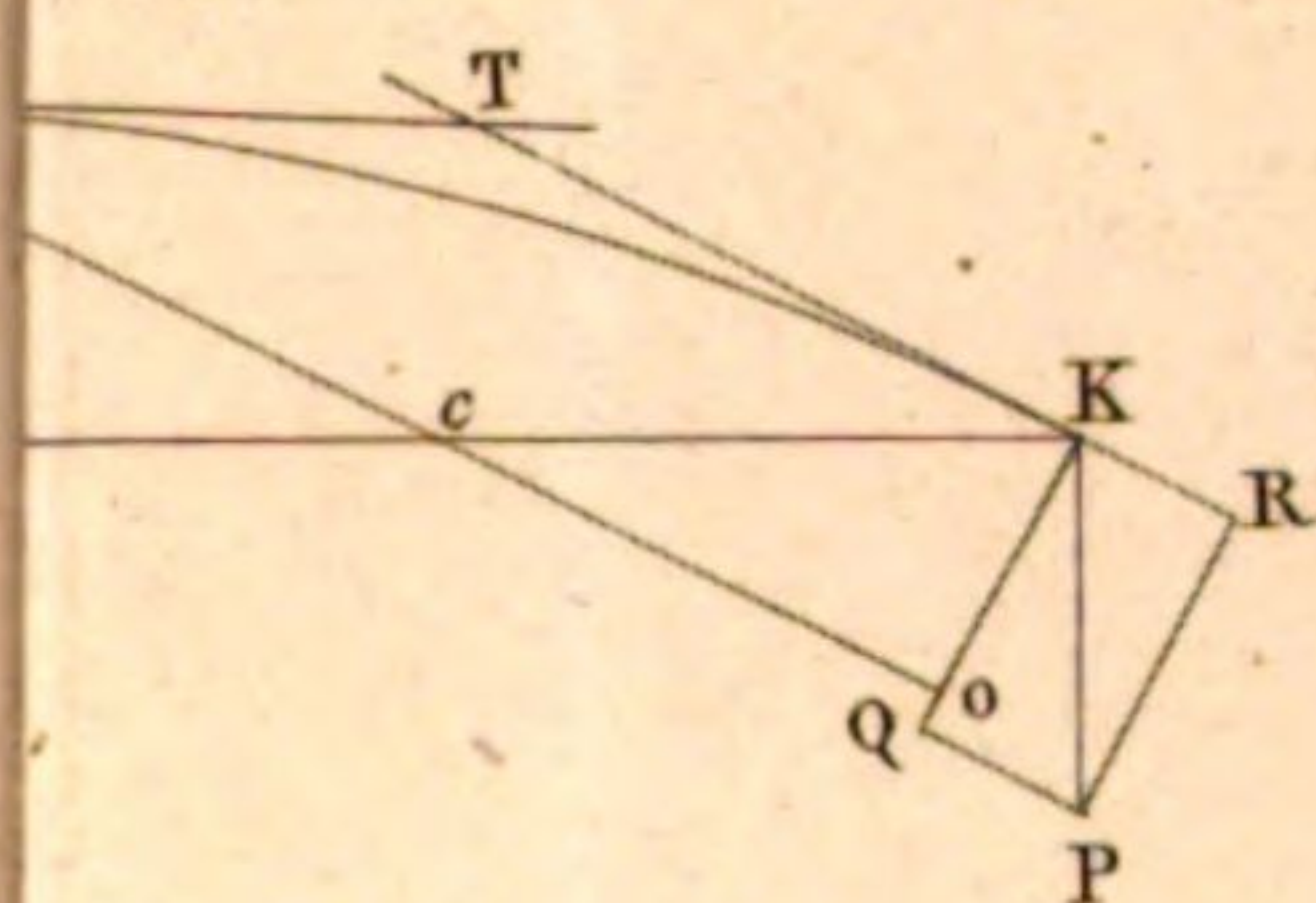


Fig. 17.

Fig. 19.

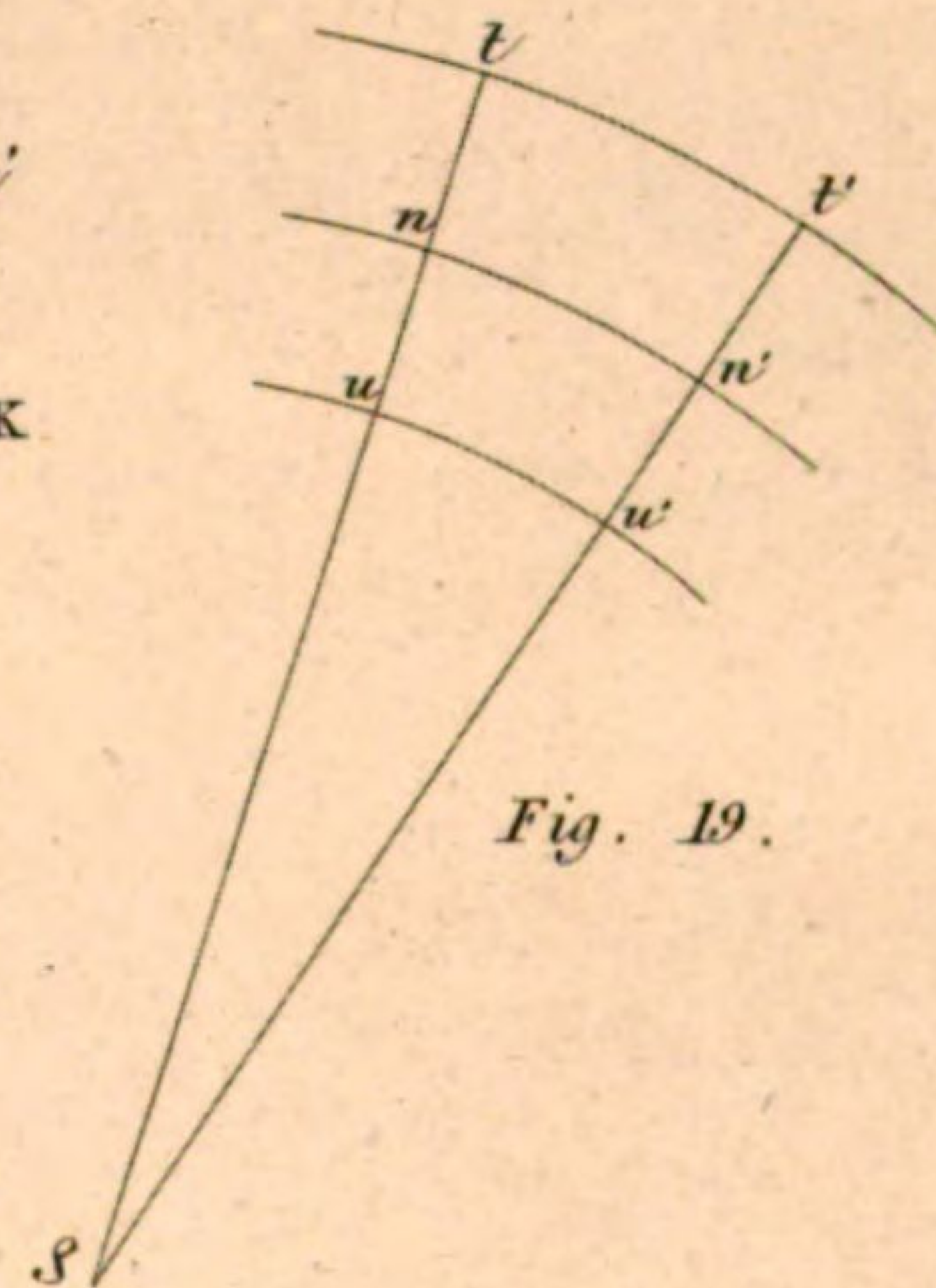


Fig. 4.

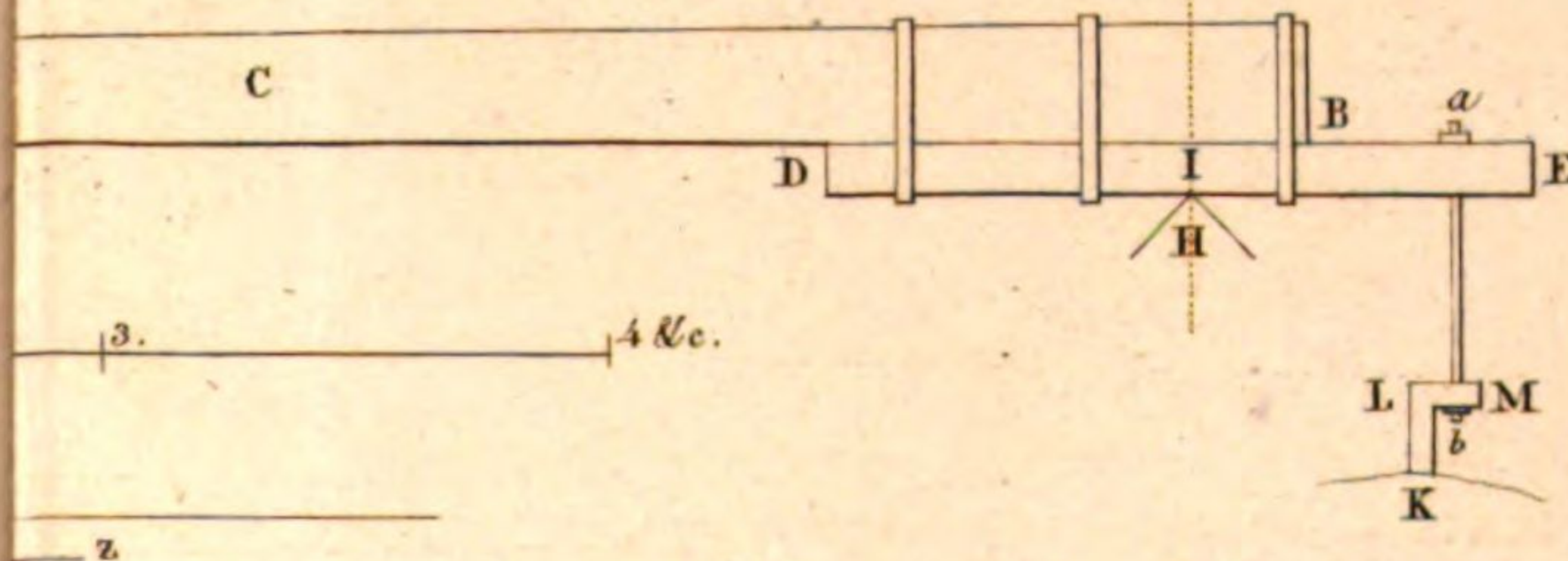
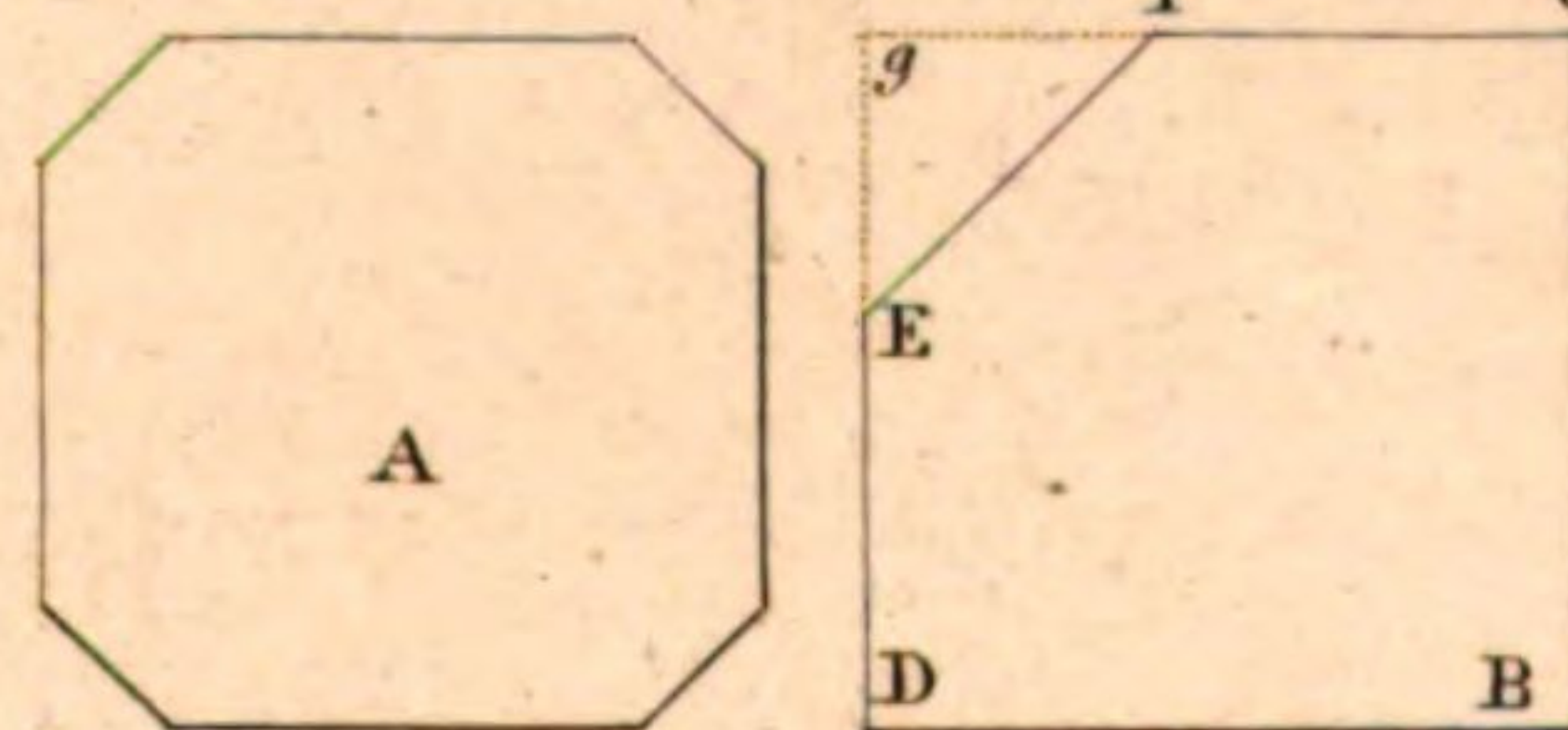


Fig. 3.

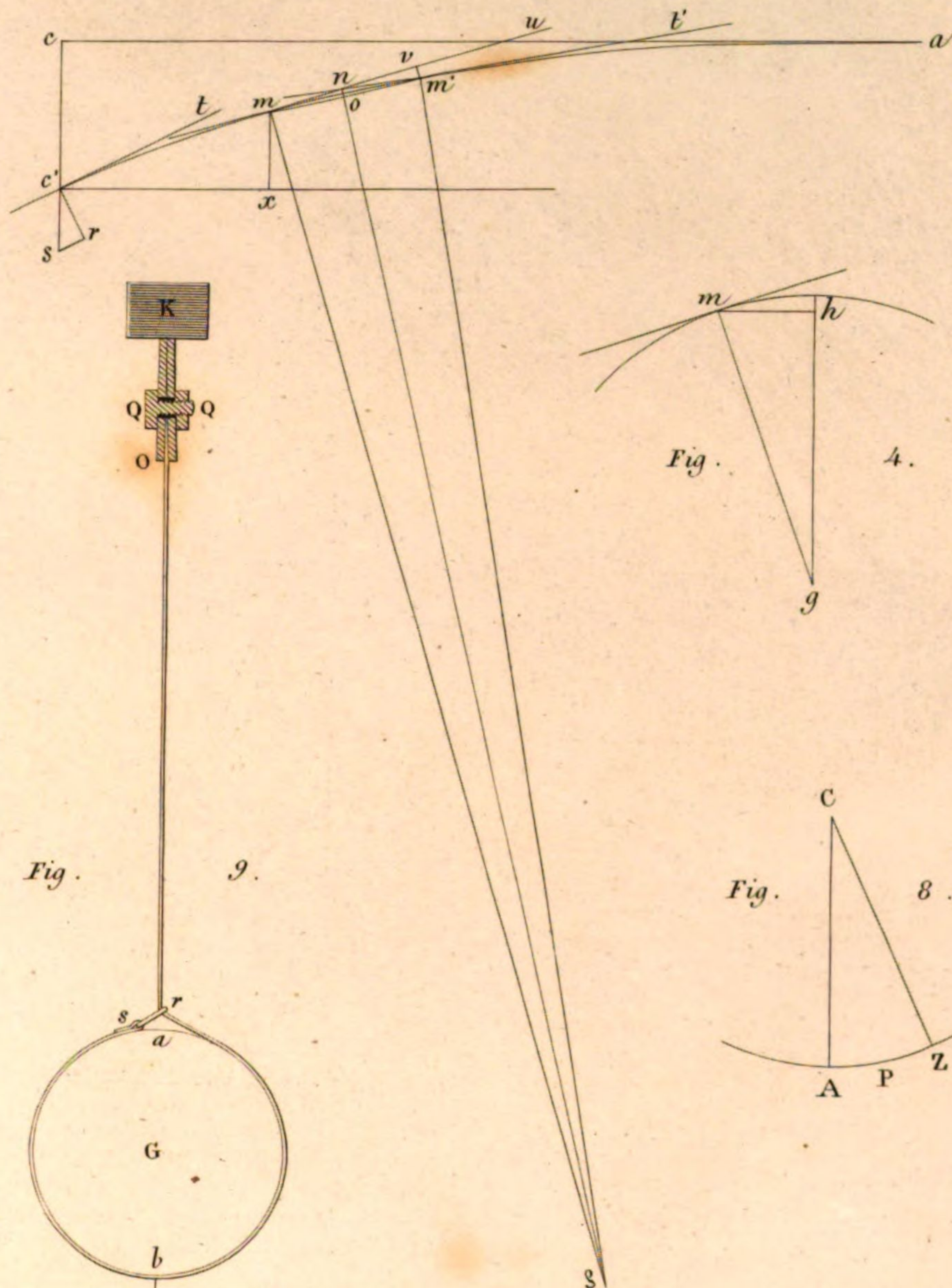


Fig. 7.

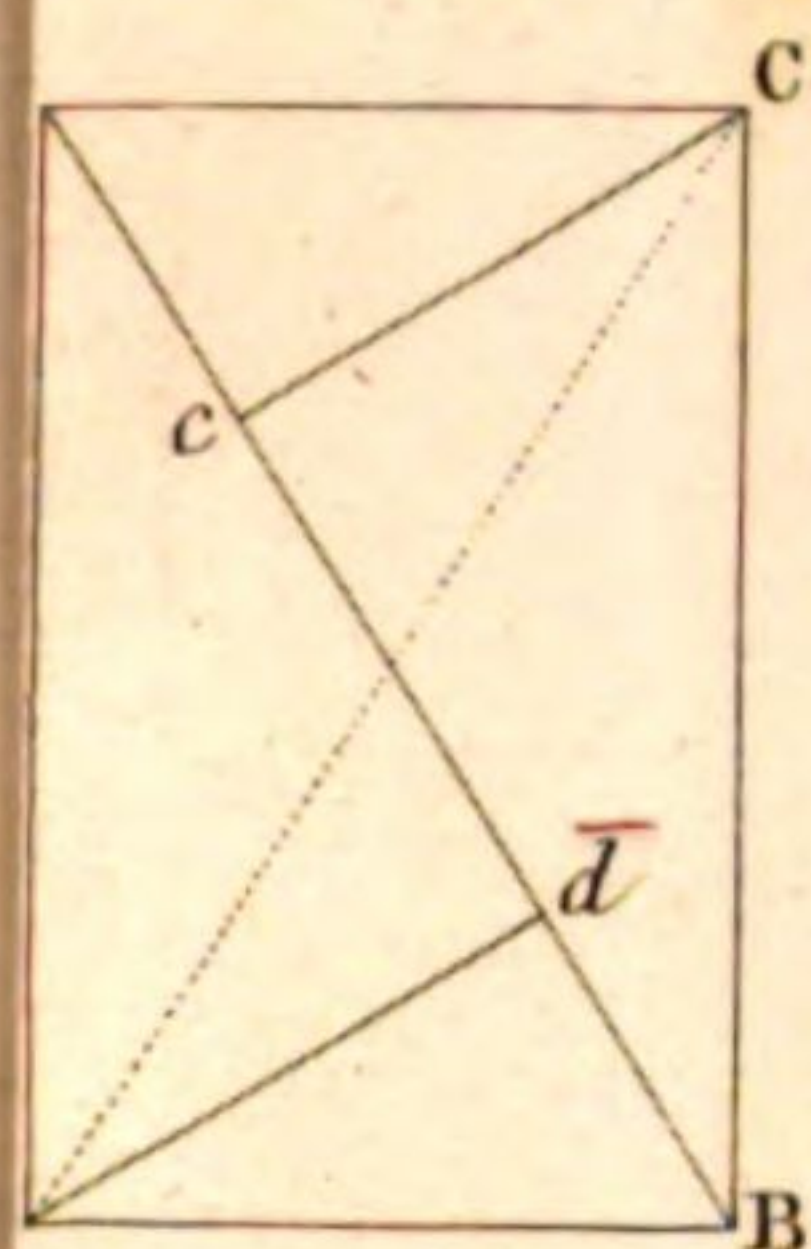


Fig.

4.

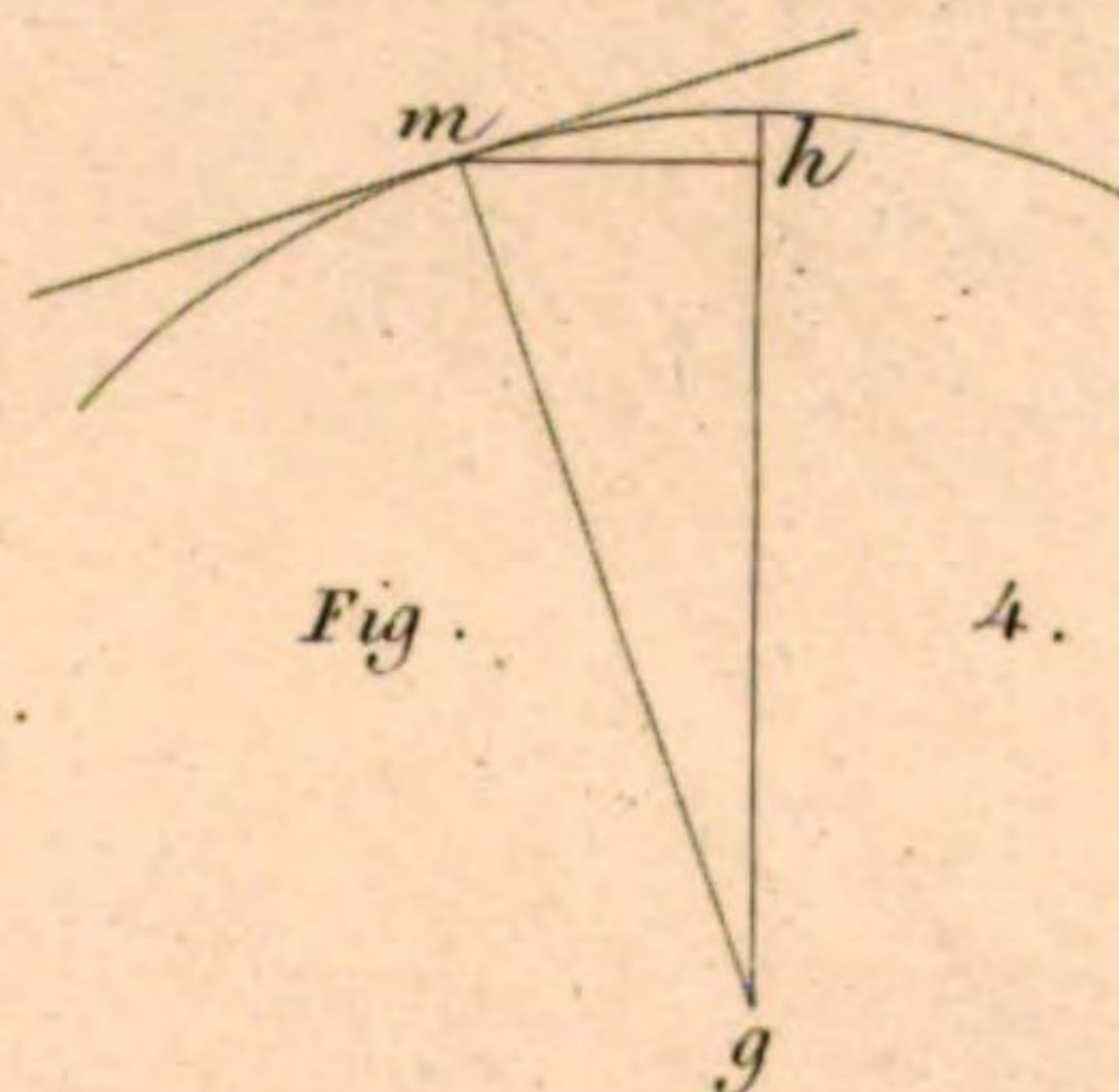


Fig.

9.

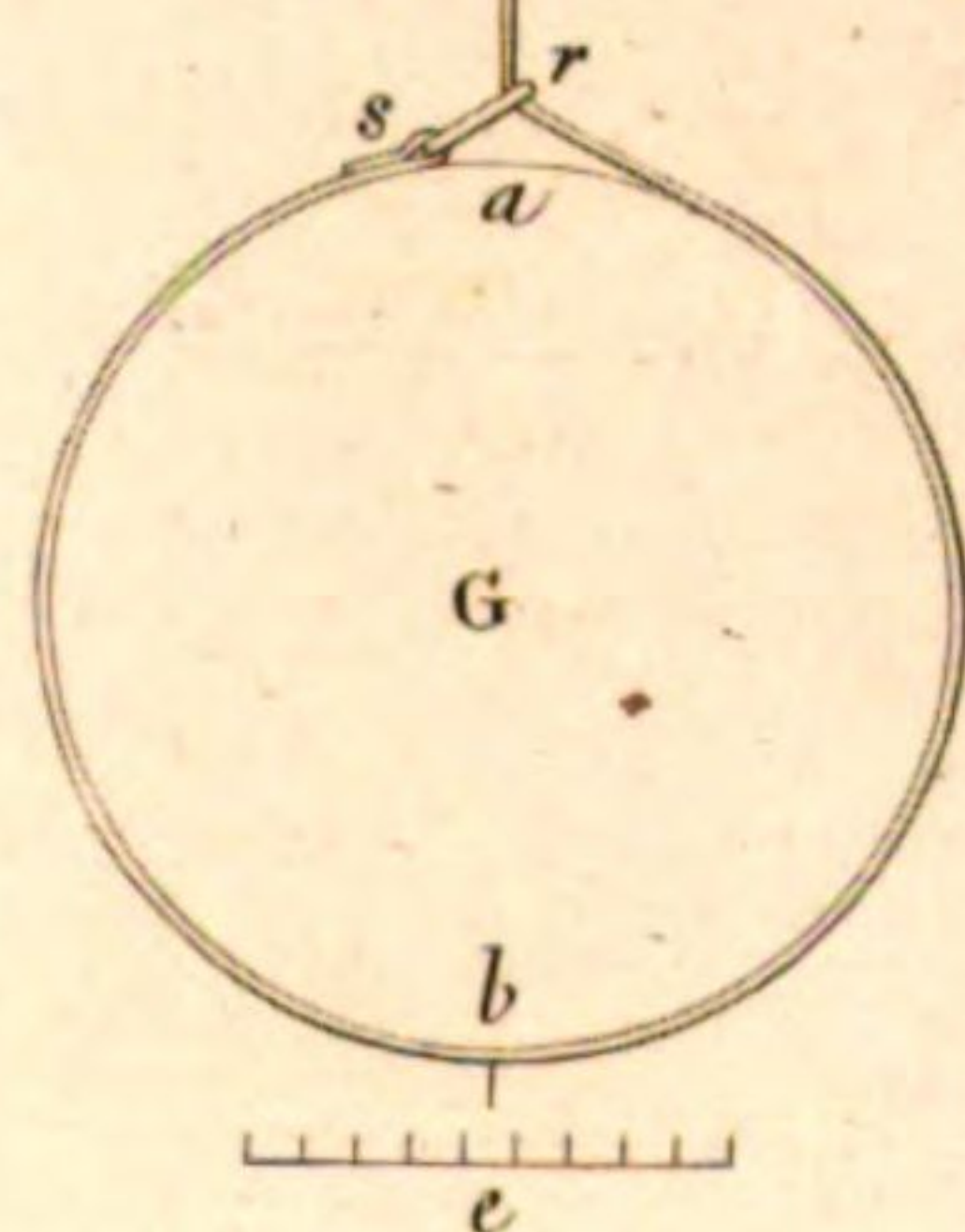
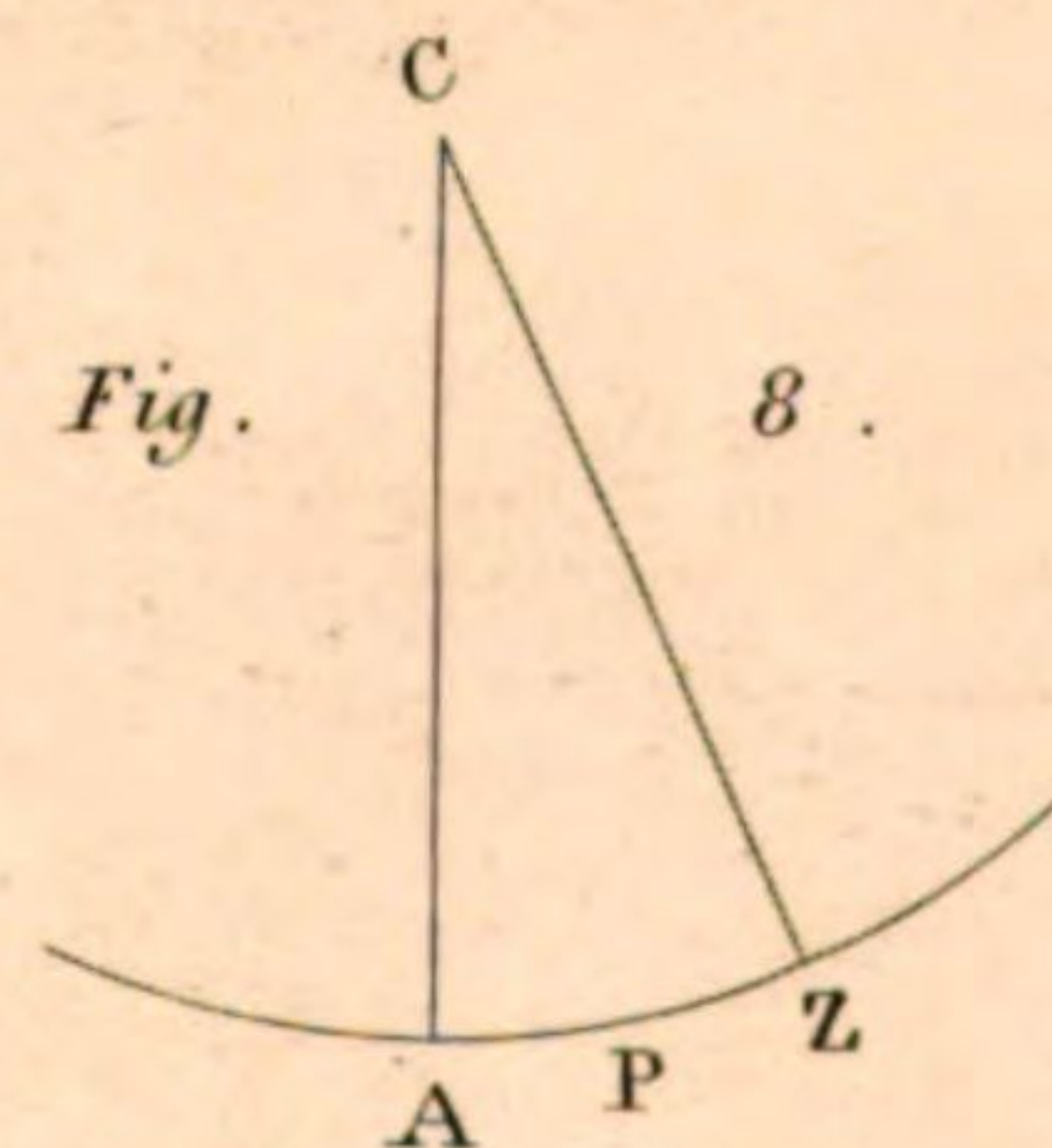


Fig.

8.



C. A. Breling Sc.

Inv. N° 3450.

Lagerhjelm, Per,

Peter Lagerhjelm's Mitglieds der königl. Akademie der Wissenschaften in
Stockholm ... Versuche zur Bestimmung der Dichtigkeit, Gleichartigkeit,
Elasticität, Schmiedbarkeit und Stärke des gewalzten und geschmiedeten
Stabeisens

Nürnberg 1829

Metall. 150 t

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10293462-0